



**TUGAS AKHIR - TJ141502**

## **3D Magic Door : Simulasi Interaktif Menggunakan Kinect dan Penyaji Tiga-Dimensi**

Ahmad Nagi  
NRP 07211440000045

Dosen Pembimbing  
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK KOMPUTER  
Fakultas Teknologi ELEKTRO  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT - TJ141502**

## **3D Magic Door : Interactive Simulation of Ape Man's Activity Using Kinect and 3D Renderer Hardware**

Ahmad Nagi  
NRP 07211440000045

Advisor  
Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

Departement of Computer Engineering  
Faculty of Electrical Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2017



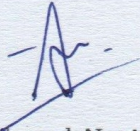
## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“3D Magic Door : Simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba menggunakan Kinect dan Penyaji Tiga-Dimensi”** adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juli 2018



Ahmad Nagi

NRP. 07211440000045



## LEMBAR PENGESAHAN

**3D Magic Door : Simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba  
menggunakan Kinect dan Penyaji Tiga-Dimensi**

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh  
gelar Sarjana Teknik di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh : Ahmad Nagi (NRP: 07211440000045)

Tanggal Ujian : 28 Juni 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:

Dr. Surya Sumpeno, ST., MSc.  
NIP: 196906131997021003

(Pembimbing I)

(Pembimbing II)

Dr. Supeno Mardi Susiki N., ST., MT.  
NIP: 197003131995121001

(Penguji I)

Dr. Eko Mulyanto Yuniarno, ST., MT.  
NIP. 196806011995121009

(Penguji II)

Ahmad Zaini, ST., MT.  
NIP: 197504192002121003

(Penguji III)

Mochamad Hariadi, ST., M.Sc., Ph.D.  
NIP: 19691209199703100

Mengetahui  
Kepala Departemen Teknik Komputer

Dr. I Ketut Eddy Purnama, ST., MT.  
NIP. 196907301995121001

DEPARTEMEN  
TEKNIK KOMPUTER

# ABSTRAK

Nama Mahasiswa : Ahmad Nagi  
Judul Tugas Akhir : 3D Magic Door : Simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba menggunakan Kinect dan Penyaji Tiga-Dimensi  
Pembimbing : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

Media Interaktif Virtual 3D Magic Door dirancang untuk menjadi sebuah media yang immersive, juga interaktif yang pada penelitian ini memiliki konten kegiatan pada masa purba yang saat ini sebagian besar terdapat di museum. Sebagian besar museum di Indonesia pada saat ini kurang mampu berinteraksi dengan pengunjung. Dengan simulasi virtual 3D pengguna dapat merasakan pengalaman yang terasa nyata, dan objek virtual dalam pintu itu pun dapat berinteraksi dengan menggunakan Kinect. Fungsi dan manfaat aplikasi ini adalah sebagai penunjang pengetahuan dan informasi kepada masyarakat untuk mengenal kehidupan manusia purba dengan media yang immersive dan interaktif. Interaksi simulasi virtual diterapkan pada server PC yang bertugas untuk mengolah data dari sensor pengindera tubuh dan kemudian ditampilkan pada Penyaji Tiga-Dimensi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh partisipan dapat menyelesaikan simulasi hingga adegan terakhir. Pada pengujian sensor tubuh, didapat bahwa rata-rata orang dapat melakukan hampir seluruh gestur dengan rata-rata keefektifan diatas 60%. Simulasi interaktif menggunakan penyaji tiga-dimensi diduga membutuhkan kemampuan pengolahan dari sistem komputer yang cukup besar terutama pada komponen GPU. Menurut hasil pengujian lebih dari 60% pengguna merasa bahwa lingkungan manusia purba pada simulasi sudah lebih dari cukup dekat dengan lingkungan pada diorama di museum. Lebih dari 70% pengguna merasa cukup lebih tahu tentang Homo Erectus daripada sebelum melakukan simulasi. Didapat tingkat *presence* yang dirasakan oleh pengguna saat menggunakan aplikasi ini sudah lebih dari cukup.

Kata Kunci : 3D Magic Door, Simulasi Interaktif, Kinect, *Stereoscopic 3D*, Penyaji Tiga-Dimensi, Full Body Tracking.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# ABSTRACT

Name : Ahmad Nagi  
Title : *3D Magic Door : Interactive Simulation of Ape Man's Activity using Kinect and 3D Renderer Hardware*  
Advisors : 1. Dr. Surya Sumpeno, ST., M.Sc.  
2. Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT.

*Virtual Interactive Media 3D Magic Door is designed to be an immersive, interactive medium that in this research has activity content in the quarter or ancient times. The simulation is visualized using the Polarization Stereoscopic technique with a three-dimensional renderer as its visual medium. With 3D virtual simulation the user can feel the experience that feels real, and the virtual object in that door can also interact with the user in performing various primitive human activities Kinect v1. The function and benefits of this application is to support knowledge and information to the community to know the life of early humans with an immersive and interactive media. The interactions are applied to PC servers that are tasked with processing data from the sensing sensors of the body and then displayed on the Three-Dimensional Presenter. The test results show that all participants can complete the simulation until the last scene and the user completion time when performing the simulation test has an average of three minutes. In body testing, it is found that the average person can do almost all gestures with an average effectiveness above 60%. An interactive simulation using a three-dimensional renderer allegedly requires the processing capabilities of a large computer system primarily in GPU components. The test results show that more than 60% of users felt that the ancient human environment in the simulation was more than close enough to the environment in the museum diorama. More than 70% of users feel adequately informed about Homo Erectus than before doing the simulation. The level of presence perceived by users when using this app is more than enough.*

*Keywords : 3D Magic Door, Interactive Simulation, Kinect, Stereoscopic 3D, Three-Dimensional Presenter, Full Body Tracking.*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya lah, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **3D Magic Door : Simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba menggunakan Kinect dan penyaji Tiga-Dimensi**.

Penelitian ini disusun dalam rangka pemenuhan bidang riset di Departemen Teknik Komputer ITS, Bidang Studi Game Tech & Mobile Apps, serta digunakan sebagai persyaratan penyelesaian pendidikan S1. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga, Ibu, Bapak dan Saudara tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa restunya dalam menyelesaikan buku ini.
2. Bapak Dr. Ketut Eddy Purnama, S.T., M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Komputer, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
3. Bapak Dr. Surya Sumpeno , S.T., M.Sc. atas bimbingan dan arahan selama pengerjaan penelitian.
4. Bapak Dr. Supeno Mardi Susiki Nugroho, ST., MT. atas bimbingan dan arahan selama pengerjaan penelitian.
5. Para responden yang telah membantu selesainya pengujian penelitian ini.
6. Seluruh teman-teman asisten *B201-Crew* Laboratorium Bidang Studi Teknik Komputer dan Telematika.

Semoga penelitian ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat untuk pengembangan teknologi dan peningkatan ilmu pengetahuan bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# DAFTAR ISI

Abstrak	i
Abstract	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
<b>1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang . . . . .	1
1.2 Permasalahan . . . . .	2
1.3 Tujuan . . . . .	2
1.4 Batasan masalah . . . . .	2
1.5 Sistematika Penulisan . . . . .	2
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1 Virtual Reality . . . . .	5
2.1.1 Museum Virtual . . . . .	6
2.2 <i>Homo Erectus</i> . . . . .	6
2.2.1 Cara Hidup <i>Homo Erectus</i> . . . . .	7
2.3 <i>Natural User interface</i> . . . . .	9
2.3.1 <i>Gesture Processing</i> . . . . .	10
2.4 <i>Kinect V1</i> . . . . .	10
2.4.1 Kinect SDK . . . . .	11
2.5 <i>Skeletal Tracking</i> . . . . .	11
2.6 Physically Based Rendering . . . . .	13
2.7 <i>3D Stereoscopic Display</i> . . . . .	14
<b>3 DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI</b>	<b>19</b>
3.1 Perangkat Lunak dan Alat yang Digunakan . . . . .	19
3.2 Gambaran Umum . . . . .	20
3.3 Desain <i>Story Board</i> . . . . .	21

3.4	Desain Simulasi Virtual . . . . .	22
3.5	Desain Sistem Interaksi . . . . .	23
3.6	Desain Sistem Visualisasi . . . . .	25
3.7	Alur Kerja . . . . .	26
3.8	Implementasi 3D Magic Door . . . . .	28
3.9	Implementasi Sistem Interaksi . . . . .	29
3.9.1	Kalibrasi Pengguna . . . . .	30
3.9.2	Avatar Controller . . . . .	31
3.9.3	Algoritma Action Trigger . . . . .	32
3.9.4	Algoritma <i>Object as Child</i> . . . . .	32
3.10	Implementasi Sistem Visualisasi . . . . .	33
3.10.1	Konfigurasi <i>Server</i> dan Penyaji 3D . . . . .	33
3.10.2	Konfigurasi Kamera Virtual . . . . .	34
<b>4</b>	<b>PENGUJIAN DAN ANALISIS</b>	<b>35</b>
4.1	Pengujian Performasi Sistem . . . . .	35
4.1.1	<i>Benchmark</i> . . . . .	37
4.2	Pengujian Deteksi Pengindra Tubuh . . . . .	39
4.3	Pengujian Ketergunaan . . . . .	41
4.3.1	Pengujian Efektifitas . . . . .	45
4.3.2	Pengujian Kuisisioner . . . . .	46
<b>5</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>53</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	53
5.2	Saran . . . . .	55
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>57</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>59</b>
	<b>Biografi Penulis</b>	<b>65</b>

# DAFTAR GAMBAR

2.1	Diorama Manusia Purba Berburu[6] . . . . .	7
2.2	Diorama Manusia Purba membuat alat[6] . . . . .	8
2.3	Diorama Manusia Purba menggunakan Api[6] . . . . .	9
2.4	Kinect[9] . . . . .	11
2.5	Cara Kerja Kinect SDK[10] . . . . .	12
2.6	Kinect Skeleton Data[10] . . . . .	12
2.7	Kinect Depth to Skeleton[10] . . . . .	13
2.8	<i>Side-by-Side</i> [5] . . . . .	15
2.9	<i>Anaglyph</i> [13] . . . . .	16
2.10	3D <i>Polarization</i> [14] . . . . .	17
2.11	3D <i>Active Shutter</i> [13] . . . . .	17
3.1	Gambaran <i>Setup</i> Simulasi. . . . .	20
3.2	StoryBoard Aplikasi. . . . .	22
3.3	<i>Class Diagram</i> Aplikasi. . . . .	23
3.4	Alur sistem interaksi. . . . .	24
3.5	Alur Pendeteksian Gestur. . . . .	25
3.6	Diagram sistem visualisasi. . . . .	26
3.7	<i>First Person Controller</i> pada Simulasi Virtual. . . . .	29
3.8	<i>State Diagram</i> interaksi. . . . .	30
3.9	Alur Kalibrasi Kinect . . . . .	31
3.10	Kalibrasi Avatar . . . . .	31
3.11	<i>Flowchart</i> algoritma <i>Action Trigger</i> . . . . .	32
3.12	Konfigurasi <i>server</i> dan TV 3d <i>Display scene</i> . . . . .	33
3.13	Konfigurasi kamera virtual. . . . .	34
4.1	Variasi pola gestur tubuh. . . . .	39
1	Adegan Pertama . . . . .	59
2	Adegan Kedua . . . . .	60
3	Adegan Ketiga . . . . .	61
4	Main Menu . . . . .	61

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

4.1	Spesifikasi <i>server</i> yang digunakan. . . . .	35
4.2	Parameter <i>Quality Settings</i> Unity . . . . .	36
4.3	Aturan <i>Quality Settings</i> dan Resolusi . . . . .	36
4.4	Hasil Pengujian Performa . . . . .	38
4.5	Hasil pengujian deteksi gestur tubuh . . . . .	40
4.6	Skenario Aplikasi untuk Pengujian. . . . .	43
4.7	Hasil pengujian <i>Completion Rate</i> . . . . .	46
4.8	Hasil Pengujian Kuesioner . . . . .	48
1	Hasil Pengujian Completion Time . . . . .	62
2	Hasil Pengujian Kuesioner Detail . . . . .	63

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 1

## PENDAHULUAN

Penelitian ini di latar belakang oleh berbagai kondisi yang menjadi acuan. Selain itu juga terdapat beberapa permasalahan yang akan dijawab sebagai luaran dari penelitian.

### 1.1 Latar belakang

Simulasi virtual menjadi media untuk menampilkan simulasi mengenai banyak hal. Simulasi virtual dapat digunakan untuk menampilkan atau menemukan sebuah informasi tertentu yang belum dikenal oleh masyarakat umum, dan dapat memberikan pengalaman yang lebih dalam tentang dunia yang pada normalnya tidak dapat diketahui, salah satunya informasi catatan sejarah manusia purba. Salah satu lembaga yang memiliki informasi ini adalah museum. Museum merupakan lembaga institusi permanen, yang melakukan usaha pengkoleksian, mengkonservasi, meriset, mengkomunikasikan, dan memamerkan benda nyata kepada masyarakat, baik itu untuk kebutuhan studi pendidikan, maupun kesenangan semata. Akan tetapi, sebagai salah satu media pembelajaran informasi sejarah pada zaman purba yang utama, museum belum mampu mengkomunikasikan nilai-nilai penting koleksinya kepada masyarakat, karena sebagian besar museum sekedar berfungsi sebagai tempat penyimpanan benda benda kuno tanpa mampu berinteraksi dengan pengunjung[1]. Museum belum dapat memberikan pengalaman yang membuat pengunjung mendapat kesan bahwa mereka sedang atau dapat berinteraksi dengan masa tersebut. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan menyampaikan informasi tersebut secara visual yang menarik dan juga pengguna dapat berinteraksi dengannya. Salah satu contohnya adalah Magic Door sebuah simulasi interaktif, yang menampilkan sebuah pintu pada dunia virtual, yang seakan-akan dapat menampilkan dunia virtual yang dapat berinteraksi dengan pengguna pada kasus ini yaitu masa dimana homo erectus hidup. Konsep ini dapat memungkinkan pengguna untuk dapat berinteraksi langsung dengan manusia purba dan kegiatannya, misalnya pengguna dapat ikut berburu dengan manusia purba, atau membantu manusia purba menyalakan api, dan berba-

gai interaksi lainnya. Diharapkan dengan adanya aplikasi simulasi ini pengguna dapat menambah wawasan tentang zaman kuartar, dengan pengalaman yang lebih immersive dan menyenangkan.

## **1.2 Permasalahan**

Media pengetahuan tentang manusia purba yang paling utama saat ini adalah museum, sedangkan sebagian besar museum di Indonesia pada saat ini kurang mampu berinteraksi dengan pengunjung. Saat ini dibutuhkan media yang simulatif, interaktif, immersive, dan secara keseluruhan menyenangkan agar masyarakat lebih tertarik untuk mengetahui tentang kehidupan manusia purba homo erectus.

## **1.3 Tujuan**

Merancang simulasi yang dapat memberikan pengetahuan dan informasi secara interaktif, dan memberikan pengalaman perasaan kehidupan purbakala sampai derajat tertentu, agar mempelajari kehidupan manusia pada zaman purba dapat menjadi lebih menarik dan lebih informatif.

## **1.4 Batasan masalah**

Untuk memfokuskan permasalahan yang akan diangkat maka dilakukan pembatasan masalah. Batasan-batasan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Materi yang akan digunakan pada 3D Magic Door simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba menggunakan Kinect dan Penyaji Tiga-Dimensi ini adalah reka imajinasi kehidupan manusia purba homo erectus berbasis pada objek koleksi yang ada pada museum Sangiran.
2. Objek 3D dibuat dengan melakukan 3D modelling sesuai dengan objek koleksi pada museum Sangiran.
3. Aplikasi ini menggunakan Kinect Full Body Tracking sebagai media interaktifnya, dan Penyaji Tiga-Dimensi sebagai media visualnya.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Laporan penelitian tugas akhir ini tersusun dalam sistematika dan terstruktur sehingga lebih mudah dipahami dan dipelajari oleh



pembaca maupun seorang yang hendak melanjutkan penelitian ini. Alur sistematika penulisan laporan penelitian ini yaitu:

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi uraian tentang latar belakang, permasalahan, tujuan, metodologi, sistematika laporan dan relevansi.

2. BAB II Dasar Teori

Pada bab ini berisi tentang uraian sistematis teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Teori-teori tersebut digunakan sebagai dasar dalam penelitian. Beberapa diantaranya adalah informasi terkait *device* Leap Motion, teori *Photogrammetry*, *3D modeling* dan teori-teori penunjang lainnya.

3. BAB III Perancangan Sistem dan Impementasi

Bab ini berisi tentang penjelasan-penjelasan terkait eksperimen yang akan dilakukan dan langkah-langkah data diolah hingga menghasilkan visualisasi. Guna mendukung itu digunakanlah blok diagram atau *work flow* agar sistem yang akan dibuat dapat terlihat dan mudah dibaca untuk implentasi pada pelaksanaan tugas akhir.

4. BAB IV Pengujian dan Analisa

Bab ini menjelaskan tentang pengujian eksperimen yang dilakukan terhadap data dan analisisnya. Beberapa teknik visualisasi akan ditunjukkan hasilnya pada bab ini dan dilakukan analisa terhadap hasil visualisasi dan informasi yang didapat dari hasil mengamati visualisasi yang tersaji.

5. BAB V Penutup

Bab ini merupakan penutup yang berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Saran dan kritik yang membangun untuk pengembangan lebih lanjut juga dituliskan pada bab ini.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

Demi mendukung penelitian ini, dibutuhkan beberapa teori penunjang sebagai bahan acuan dan referensi. Pada bagian ini, teori penunjang tersebut dijabarkan secara ringkas untuk menjadi dasar pemahaman dalam menyelesaikan penelitian.

#### 2.1 Virtual Reality

*Virtual Reality* adalah istilah yang digunakan untuk mendeskripsikan Lingkungan 3D pada dunia maya yang dapat di eksplorasi dan berinteraksi dengan manusia. Manusia tersebut menjadi bagian dari dunia virtual dan dapat memanipulasi objek atau melakukan berbagai macam aksi [2].

Pada konsep Virtual Reality terdapat empat elemen penting untuk mendeskripsikan Lingkungan 3D pada dunia maya yang dapat di eksplorasi dan berinteraksi dengan manusia yang ideal, yaitu [3] :

1. *Virtual World*, Sebuah konten yang menciptakan dunia virtual, baik dalam bentuk screenplay maupun script.
2. *Immersion*, Sensasi yang membuat pengguna seolah benar-benar berada di sebuah dunia virtual. Immersion dibagi dalam tiga jenis, yaitu :
  - a. *Mental Immersion*, membuat mental penggunanya merasa seperti berada di dalam lingkungan nyata
  - b. *Physical Immersion*, membuat fisik penggunanya merasakan suasana di sekitar lingkungan yang diciptakan oleh VR tersebut
  - c. *Mentally Immersed*, memberikan sensasi kepada penggunanya untuk larut dalam lingkungan yang dihasilkan VR
3. *Sensory Feedback*, Elemen ini berfungsi sebagai media penyampaian informasi dari virtual world ke indera penggunanya. Elemen ini mencakup visual (penglihatan), audio (pendengaran) dan sentuhan.

4. *Interactivity*, Elemen yang merespon aksi dari pengguna, sehingga pengguna dapat berinteraksi langsung dengan objek pada dunia maya, tidak hanya sekedar melihat, atau melakukan interaksi satu arah saja.

### 2.1.1 Museum Virtual

Museum menurut *International Council of Museums* (ICOM) adalah sebuah lembaga yang bersifat tetap, tidak mencari keuntungan, melayani masyarakat dan perkembangannya, terbuka untuk umum, memperoleh, merawat, menghubungkan, dan memamerkan artefak-artefak perihwal jati diri manusia dan lingkungannya untuk tujuan studi, pendidikan, dan rekreasi. Museum menurut Peraturan Pemerintah No. 19 Tahun 1995 Pasal 1 ayat (1) adalah lembaga, tempat penyimpanan, perawatan, pengamanan, dan pemanfaatan benda-benda buktimateriil hasil budaya manusia serta alam dan lingkungannya guna menunjang upaya perlindungan dan pelestarian kekayaan budaya bangsa [1].

Dengan kemampuan Rendering atau *image syntesis*, komputer dapat membuat lingkungan photorealistic dari model 3D sehingga dapat membuat sebuah simulasi dimensi tiga (3D) yang dapat dieksplorasi dan berinteraksi dengan manusia layaknya manusia tersebut menjadi bagian dari dunia tersebut. Menggunakan peralatan elektronik tertentu, manusia dapat memanipulasi objek atau melakukan berbagai macam interaksi. Jika sebuah lingkungan simulasi dikondisikan layaknya sebuah diorama yang ada pada museum maka diorama tersebut akan menjadi hidup dalam dunia virtual (Diorama Virtual) dan dapat berinteraksi dengan manusia dalam derajat tertentu.

## 2.2 *Homo Erectus*

*Homo erectus*, atau *upright man*, adalah spesies manusia yang punah yang menempati tempat yang menarik dalam garis evolusi manusia. Para pemburu prasejarah ini sangat berhasil dalam beradaptasi dengan habitat yang sangat berbeda di Dunia Lama, karena fosil yang berhubungan dengan spesies ini telah ditemukan mulai dari Afrika sampai Asia Tenggara. *Homo erectus* lebih besar dan lebih pintar dari manusia sebelumnya. Kerangka mereka pada dasarnya sangat mirip dengan kita manusia modern, meskipun me-

reka lebih besar. Mereka adalah manusia pertama yang memiliki anggota tubuh dan bagian tubuh sepanjang garis manusia modern, yang memungkinkan mereka untuk berjalan tegak dengan dua kaki [4].

### 2.2.1 Cara Hidup *Homo Erectus*

Ada tiga Poin Penting pada cara hidup Homo Erectus, yaitu [6]:

1. *Berburu*, Kelompok *Homo Erectus* berburu dan berkumpul untuk bertahan hidup. Tubuh dan otak mereka yang lebih besar membutuhkan banyak energi (yaitu makanan) untuk mempertahankannya, tetapi ukuran otak mereka yang meningkat juga membantu mereka menjadi pandai tentang cara mereka menyortir makanan mereka - sedikit situasi menang-menang.



**Gambar 2.1:** Diorama Manusia Purba Berburu[6]

Gambar 2.1 memperlihatkan diorama aktivitas perburuan *Homo Erectus*. Tampaknya mereka makan makanan yang beragam dan luas, mungkin termasuk umbi-umbian, dan pasti banyak daging. Sisa-sisa hewan dengan bekas luka yang jelas yang ditinggalkan oleh tukang daging telah ditemukan dalam kaitannya dengan *Homo erectus*, yang menunjukkan mereka secara teratur mengakses karkas hewan - mungkin melalui pembilasan dan perburuan - dari setidaknya 1,75 juta tahun yang lalu.

2. *Pembuat Alat*, Ahli Pembuat Perkakas, *Homo Erectus* dikaitk-

an dengan Oldowan, tetapi lebih umum dengan industri perkakas batu Acheulean, dan sering dihubungkan dengan pembuatan kapak tangan pertama, yang mewakili inovasi besar pertama dalam teknologi perkakas batu.



**Gambar 2.2:** Diorama Manusia Purba membuat alat[6]

Pada gambar 2.2 memperlihatkan diorama *Homo Erectus* saat sedang membuat sebuah perkakas dari bebatuan. Perangkat yang lebih luas akan membantu *Homo erectus* bertahan hidup di berbagai lingkungan.

3. *Penggunaan Api*, *Homo Erectus* tahu cara menggunakan api. Bukti paling awal untuk penggunaan api hominin berasal dari sekitar 1,8 juta tahun yang lalu, dan dari setidaknya 500.000 tahun yang lalu, dimana masakan mulai populer.



**Gambar 2.3:** Diorama Manusia Purba menggunakan Api[6]

Gambar 2.3 menunjukkan diorama *Homo Erectus* yang sedang berusaha menyalakan api. Pada 400.000 tahun yang lalu, jauh di dalam rentang waktu *Homo erectus*, spesies manusia terlihat dan dengan sengaja menangani api. Mereka menyalakan ruang hidup masyarakat jaman itu, dan menyediakan tidak hanya sarana untuk memasak makanan (dan dengan demikian meningkatkan output energi) tetapi juga kehangatan, perlindungan dari pemangsa, dan merupakan hubungan yang baik untuk interaksi sosial.

Ketiga poin tersebut menjadi landasan dalam pembuatan alur interaksi pada aplikasi Tugas akhir ini.

## **2.3 *Natural User interface***

NUI (*Natural User interface*) adalah istilah umum untuk beberapa teknologi seperti *speech recognition*, *multitouch*, dan *kinetic interface* seperti Kinect, Leap Motion, berbagai alat lainnya yang sejenis. Teknologi ini dianggap lebih unggul daripada graphical user interface seperti interaksi menggunakan keyboard dan mouse yang umum digunakan di beberapa sistem operasi seperti Windows, Mac, Linux dan lain-lain. Teknologi ini memunculkan ciri lain dari NUI seperti interaksi antara user dan komputer akan terjadi tanpa butuh sebuah perantara yang terlihat [7].

### 2.3.1 *Gesture Processing*

*Gesture* atau bahasa tubuh adalah gerakan tubuh secara spontan yang biasanya menyertai komunikasi verbal. Bagian tubuh yang umum digunakan adalah tangan, jari, lengan, kepala, wajah, mata, alis dan badan. Cara yang paling alami yang dapat menghubungkan citra visual dengan bahan yang disajikan adalah melalui *gesture*. Dengan kata lain *gesture* merupakan komunikasi non verbal yang dilakukan manusia dengan menggunakan anggota tubuhnya [8].

*Gesture processing* adalah cara membaca gerakan tubuh manusia yang dapat diolah oleh komputer sebagai trigger (pemicu) untuk melakukan proses selanjutnya yang sudah dibuat terlebih dahulu. Teknologi ini merupakan salah satu jawaban atas keinginan para peneliti untuk memberikan pengalaman baru dalam hal interaksi manusia dengan komputer. *Gesture Processing* memerlukan suatu teknologi khusus yang mampu membaca dan menerjemahkan gerakan-gerakan yang dibuat oleh manusia menjadi suatu perintah yang dapat dibaca dan diproses oleh komputer. *Gesture Recognition* memungkinkan interaksi dengan komputer tanpa perlunya graphical user interface. Saat ini kinect mampu mendeteksi gestur tubuh manusia menjadi perintah yang dapat diproses oleh komputer [7].

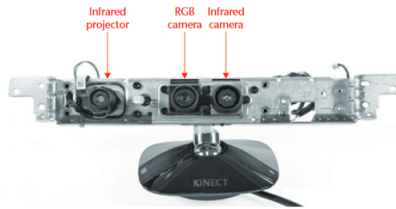
## 2.4 *Kinect V1*

*Kinect v1* merupakan perangkat *input* untuk mendeteksi gerakan yang diproduksi oleh *Microsoft* untuk *game console Xbox 360* serta untuk komputer ber basis *Windows*. Dengan menggunakan kamera yang mirip dengan webcam, Kinect memungkinkan pengguna untuk mengendalikan dan berinteraksi dengan game console atau komputer tanpa menggunakan perangkat input seperti game controller, keyboard, ataupun mouse melainkan menggunakan *natural user interface* yang memanfaatkan pergerakan gestur dan perintah suara. [7]

*Kinect* memiliki fitur-fitur yang meliputi kamera RGB, depth sensor atau sensor kedalaman, dan *multi array microphone*. Dari fitur-fitur tersebut depth sensor merupakan fitur yang berperan besar pada Kinect yang membedakan Kinect dengan kamera pada umumnya. *Depth sensor* digunakan untuk mendapatkan data sebuah area dalam bentuk Tiga-Dimensi. [9]

*Kinect v1* menawarkan serangkaian kemampuan yang sangat





**Gambar 2.4:** Kinect[9]

menarik, dan dapat menangkap gambar kedalaman Tiga-Dimensi dan gambar warna Dua-Dimensi secara bersamaan dikarenakan oleh kemampuan sensornya. Pengembang dapat menentukan resolusi kamera Kedalaman dan RGB secara mandiri melalui *file* konfigurasi, serta mode kamera kedalaman. Rentang sensor kedalaman Kinect nya: minimum 800mm dan maksimum 4000mm. Kinect untuk Windows Hardware dapat dialihkan ke Near Mode yang menyediakan kisaran 500mm hingga 3000mm, bukan rentang *Default*. Selain itu, Kinect menggunakan Inframerah sehingga dapat melihat melalui kaca. Oleh karena itu tidak dapat digunakan dengan andal untuk menghindari rintangan jika Anda memiliki pintu kaca. Juga karena menggunakan IR, Kinect tidak akan bekerja di bawah sinar matahari langsung. [9]

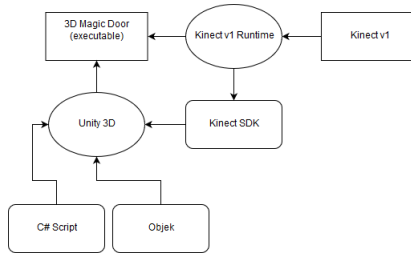
### 2.4.1 Kinect SDK

Pengembangan aplikasi menggunakan Unity 3D sebagai *Game Engine* untuk mengembangkan simulasi ini. Pengembangan aplikasi dilakukan dengan menggabungkan berbagai objek dengan *script* yang dibuat untuk memberikan objek-objek tersebut fungsionalitas didalam lingkungan pengembangan Unity 3D. [7]

Seperti yang dilihat pada gambar 2.5, untuk memberikan akses sensor Kinect v1 kepada Unity 3D perlu adanya plugin Kinect SDK yang menghubungkan Unity 3D dengan Kinect v1 Runtime yang memanajemen hubungan *server* dengan sensor Kinect v1.

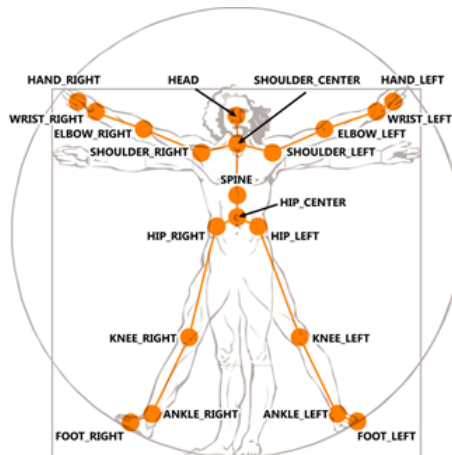
## 2.5 Skeletal Tracking

*Full Body Tracking* atau bisa juga disebut *Skeletal Tracking* merupakan metode untuk melacak posisi tubuh secara real-time menggunakan informasi dari image yang didapat oleh sensor Ki-



**Gambar 2.5:** Cara Kerja Kinect SDK[10]

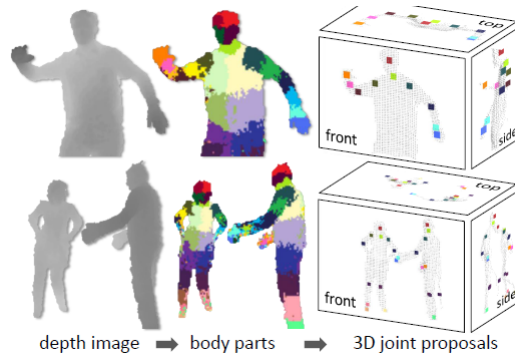
nect, yaitu warna dan kedalaman. Pada *Skeletal Tracking*, badan manusia direpresetasikan oleh jumlah sendi pada tubuh manusia seperti kepala, leher, bahu, dan tangan.



**Gambar 2.6:** Kinect Skeleton Data[10]

Tiap sendi direpresentasikan oleh koordinat tiga-dimensi nya masing-masing. Tujuannya adalah untuk menentukan parameter tiga-dimensi setiap sendi secara real-time agar dapat melakukan interaksi yang mulus. Parameter yang didapat memungkinkan untuk merekam gerakan tubuh secara realtime sehingga apabila parameter tersebut diolah, dapat menjadi sebuah metode interaksi yang memungkinkan pengguna berinteraksi dengan dunia virtual ataupun

sebuah objek, menggunakan gerakan badannya sendiri. Metode ini memungkinkan pengguna untuk dapat merasakan pengalaman seakan-akan karakter yang ada dalam sebuah dunia virtual adalah dirinya sendiri. [10]



**Gambar 2.7:** Kinect Depth to Skeleton[10]

Sensor Kinect, berkat kamera IR, dapat mengenali hingga enam pengguna di bidangnya dari pandangan. Dari jumlah tersebut, hanya hingga dua pengguna yang dapat dilacak sepenuhnya, sementara yang lainnya dilacak dari satu titik saja. Sensor Kinect mengalir keluar dalam data pelacakan kerangka skeleton stream. Ini data terstruktur di kelas Skeleton sebagai kumpulan sendi. Sendi adalah titik di mana dua tulang kerangka bergabung. Titik ini ditentukan oleh struktur SkeletonPoint, yang mendefinisikan posisi pada dunia Tiga-Dimensi atau koordinat kerangka. Kinect membuat rangka yang sepenuhnya dilacak menggunakan garis untuk mewakili tulang dan elips mewakili sendi. Bagian tubuh didefinisikan sebagai satu set tulang dan yang terkait dengannya sendi. [7]

## 2.6 Physically Based Rendering

*Physically Based Rendering* (PBR) adalah model pada computer graphics yang mencoba untuk menghadirkan grafis pada model dengan cara yang lebih akurat dalam memodelkan aliran cahaya di dunia nyata. Hampir seluruh pipeline PBR memiliki simulasi fotorealisme yang akurat untuk mencapai tujuannya, seringkali dalam komputasi *real time*. Yang membuat penggunaan material yang

realistis atau sistem *physically based shading*, berbeda dari pendahulunya adalah penalaran yang lebih rinci tentang perilaku cahaya dan permukaan objek. Kemampuan shading telah cukup maju, ini berarti baik insinyur maupun artis harus memahami motivasi untuk perubahan ini[11].

## 2.7 3D Stereoscopic Display

*Stereoscopic* adalah produksi *depth* atau kedalaman dari sebuah foto, film atau gambar dimensi dua lainnya dengan penyajian yang berbeda untuk kedua mata. *Stereoscopic* menciptakan ilusi kedalaman dimensi tiga yang diberikan oleh gambar dimensi dua. Mata menerima informasi visual yang berbeda akibat dari adanya perbedaan jarak antara mata yang disebut sebagai disparitas binokular. Dua gambar kemudian digabungkan diotak sehingga dapat memberikan persepsi kedalaman atau *depth* dari sebuah tampilan citra. Otak akan mampu mempersepsikan informasi kedalaman yang tampak selama disparitas antara kedua visi mata tidak melebihi batas tertentu.[12]

Terdapat dua efek *stereoscopic* yang belum sempurna atau natural untuk pengelihatan manusia:

1. Ketidaksesuaian antara konvergensi dan akomodasi, yang disebabkan oleh perbedaan posisi antara objek yang di depan atau objek yang di belakang layar dan arah nyata dari sebuah cahaya.
2. Perbedaan informasi yang diterima antara mata, disebabkan oleh pemisahan gambar yang tidak sempurna dalam metode *stereoscopic*.

Meskipun istilah tiga-dimensi telah digunakan di banyak tempat, penyajian gambar dua-dimensi ganda jelas dari sekedar menampilkan gambar dalam dimensi tiga penuh. Terdapat beberapa teknik *stereoscopic* yang mampu memanfaatkan cara kerja mata. Konsep sederhananya adalah memisahkan visi dimensi dua yang berbeda sudut pandang dari fokus yang sama untuk ditransmisikan ke setiap mata. Sehingga mata kiri hanya melihat visi yang diperuntukkan mata kiri dan mata kanan hanya melihat visi yang diperuntukkan mata kanan. Meski memiliki konsep yang sama, teknik *stereoscopic* yang ada sangat beragam.

*Stereoscopic display* terbagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama membutuhkan pengguna mengenakan perangkat khusus, biasanya menggunakan kacamata dengan sistem yang berbeda. Terdapat beberapa *stereoscopic display* yang saat ini populer digunakan yaitu:

1. ***Side-by-Side***. *Side-by-side* adalah penyajian sebuah gambar atau video yang dibagi menjadi dua bagian, pandangan kiri dan pandangan kanan seperti pada Gambar 2.8. Cara termudah untuk meningkatkan kedalaman gambar di otak adalah menyajikan dua gambar yang berbeda ke mata pengguna, yang mewakili dua perspektif dari objek yang sama dengan perspektif bahwa mata secara alami sedang dalam penglihatan binokular.



**Gambar 2.8:** *Side-by-Side* [5]

Keuntungan dari *side-by-side* adalah minimnya penurunan kecerahan, memungkinkan penyajian gambar dalam resolusi yang tinggi dan dalam warna *spectrum* penuh, kesederhanaan dalam menciptakan dan sedikit atau hampir tidak ada pengolahan gambar yang perlu dilakukan. Kerugian dari *side-by-side* adalah terbatasnya resolusi yang disajikan oleh media *display* atau mata manusia.

2. ***Anaglyph***. *Anaglyph* adalah teknik dimana citra yang disajikan untuk mata kiri dan kanan dibedakan dengan menggunakan *filter* warna berbeda, biasanya menggunakan warna merah dan cyan seperti pada Gambar 2.9. Pengguna membutuhkan kacamata dengan *filter* yang sesuai untuk membagi citra yang ditampilkan. Teknik ini unggul pada biaya yang paling murah dengan kualitas visual yang kurang bagus.



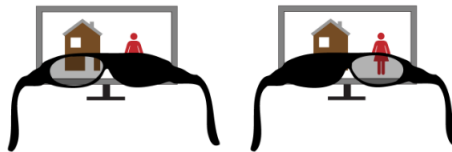
**Gambar 2.9:** *Anaglyph*[13]

3. **Polarization.** *Polarization* adalah teknik dimana *display* memancarkan dua jenis cahaya yang terpolarisasi untuk memisahkan transmisi citra untuk mata kanan dan mata kiri seperti pada Gambar 2.10. Pengguna membutuhkan kacamata dengan *filter* polarisasi untuk dapat membagi citra yang ditampilkan. Teknik ini paling banyak digunakan karena kualitas visual yang diperoleh cukup bagus dengan biaya yang relatif murah.



Gambar 2.10: 3D Polarization[14]

4. **Active Shutter.** *Active shutter* adalah teknik yang memisahkan transmisi citra berdasarkan waktu. Citra pada *display* ditampilkan secara bergiliran antara citra untuk mata kiri dan kanan. Agar mampu melakukan hal tersebut, *display* yang ada harus memiliki frekuensi visual yang tinggi.



Gambar 2.11: 3D Active Shutter[13]

Dapat dilihat pada Gambar 2.11, pengguna memerlukan kacamata aktif yang tersinkronisasi dengan *display* untuk memperoleh citra yang sesuai pada setiap mata. Meski teknik ini memiliki kualitas visual yang paling bagus, biaya yang dibutuhkan sangat tinggi[[13].

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB 3

# DESAIN SISTEM DAN IMPLEMENTASI

Penelitian ini dilaksanakan sesuai dengan desain sistem berikut dengan implementasinya. Desain sistem merupakan konsep dari pembuatan dan perancangan infrastruktur dan kemudian diwujudkan dalam bentuk blok-blok alur yang harus dikerjakan. Pada bagian implementasi merupakan pelaksanaan teknis untuk setiap blok pada desain sistem.

### 3.1 Perangkat Lunak dan Alat yang Digunakan

Pada penelitian ini, diperlukan beberapa perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan pemodelan objek di masa *Homo Erectus*, perangkat keras sensor pengindra tubuh, penyaji 3D yang digunakan untuk visualisasi dari *3D Magic Door* dan beberapa perangkat lain untuk implementasi dari aplikasi ini. Terdapat tiga tahapan dalam pembuatan *3D Magic Door*, Berikut adalah penjelasan tahapan dan perangkat-perangkat yang digunakan dalam pembuatan aplikasi pada penelitian ini:

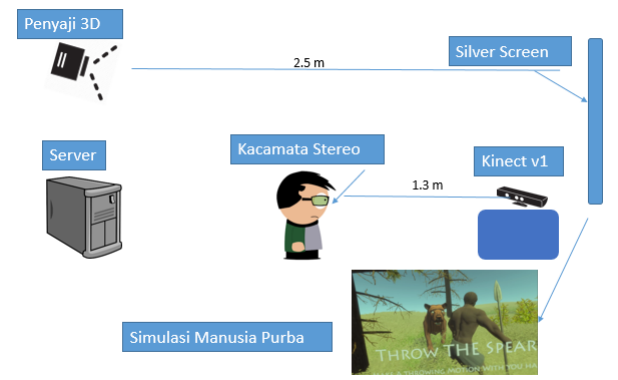
1. **Pemodelan *Homo Erectus*.** Pada tahapan ini digunakan teknik *3D Modelling* untuk melakukan pemodelan 3D dari *Homo Erectus*. Dalam teknik *3D Modelling* ini diperlukan beberapa perangkat lunak. Perangkat-perangkat yang digunakan yaitu sebagai berikut:
  - (a) Blender
  - (b) Adobe Photoshop
  - (c) DAZ 3D
2. **Rekonstruksi *Environment*.** Dalam pembuatan lingkungan untuk menggambarkan masa dimana *Homo Erectus* hidup, digunakan perangkat lunak sebagai berikut:
  - (a) Blender
  - (b) Adobe Photoshop
  - (c) Unity

Blender digunakan untuk rekonstruksi model *environment* lingkungan yang menyerupai masa purba atau zaman kuarter dimana Homo Erectus Hidup, kemudian dilakukan texturing pada aplikasi Adobe Photoshop, lalu hasil-hasil pemodelan pada disusun di Unity agar menjadi lingkungan virtual untuk Simulasi Interaktif ini.

3. **Implementasi.** Pada tahapan implementasi, digunakan perangkat keras yang berfungsi sebagai perangkat pengindra tubuh pada Simulasi Interaktif ini. Perangkat keras yang digunakan adalah sensor pengindra tubuh Kinect v1. Sensor pengindra tubuh berfungsi sebagai fitur interaksi menggunakan NUI dalam lingkungan virtual yang ada pada Simulasi ini.

### 3.2 Gambaran Umum

Penelitian ini memiliki tujuan merancang dan menerapkan interaksi dengan pengindra tubuh pada *3D Magic Door* yang menggunakan *stereoscopic 3D display*. Sistem *3D Magic Door* ini dijalankan dengan mengkombinasikan beberapa perangkat keras yaitu *server*, Kinect v1 *3D Projector display*, dan juga *Silver Screen* sebagai tempat proyeksi visualnya seperti pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1:** Gambaran *Setup* Simulasi.

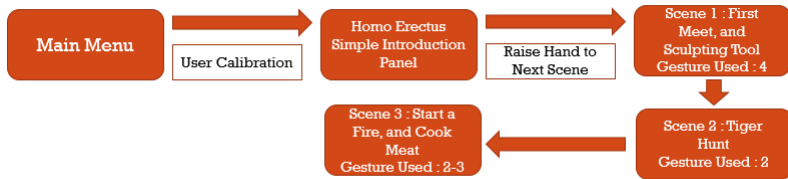
Pada desain ini pengguna dapat melakukan interaksi dan eksplorasi di depan *silver screen* hanya dengan menggunakan Kinect v1. Penyaji 3D atau Proyektor 3D diletakkan sejauh 2.5 m dari Layar 3D, dan perangkat Kinect v1 diletakkan diatas meja didepan layar 3D *display*. Kinect v1 diletakkan diatas meja dengan arah sensor kearah pengguna atau horisontal untuk mendapatkan data dari fitur tubuh pengguna. Kinect meneruskan data tersebut pada *server* agar dapat diolah dan diperoleh posisi fitur tubuh pada koordinat dunia. Data yang telah diproses oleh *server* dimuat pada Simulasi *3D Magic Door* untuk memungkinkan pengguna melakukan interaksi. *Server* juga mengolah data secara stereo dan melakukan transmisi hasil *render* ke Proyektor *display*.

Pengguna melakukan interaksi dengan menggunakan salah satu teknik penggunaan NUI, yaitu menggunakan gestur tubuh. Kinect v1 dapat mendeteksi berbagai jenis gestur tubuh dari sebagian besar gerakan tulang utama manusia. Gestur tersebut akan memicu animasi interaksi dari objek yang akan berinteraksi dengan pengguna. Tiap objek pada tiap adegan akan memberikan respon yang berbeda berdasarkan skenario yang sudah dibuat, dan parameter dari animator objek yang terpicu oleh gestur yang dilakukan pengguna.

### **3.3 Desain *Story Board***

Pada *3D Magic Door*, selain menyajikan lingkungan dimana *Homo Erectus* hidup atau zaman kuartar, Simulasi Interaktif ini juga menyajikan cara hidup dari manusia *Homo erectus* dalam adegan adegan yang menarik, dan pengguna dapat turut ikut serta dalam interaksi bermasa dengan manusia Purba pada simulasi adegan tersebut. Pada bagian ini dijelaskan tentang *storyboard* yang digunakan pada *3D Magic Door* ini. *Storyboard* adalah sketsa gambar yang dibuat sesuai dengan skenario.

1. Tampilan awal aplikasi, pada bagian ini pengguna baru mulai menjalankan aplikasi *3D Magic Door*. Terdapat Judul aplikasi dan *user interface* berupa *icon raise your hand to Play* yang memberikan panduan kepada pengguna untuk masuk ke dalam museum virtual dengan cara mengangkat tangannya (kanan ataupun kiri) didepan perangkat Kinect v1. Ini juga berguna sebagai kalibrasi awal pengguna dengan Kinect v1.



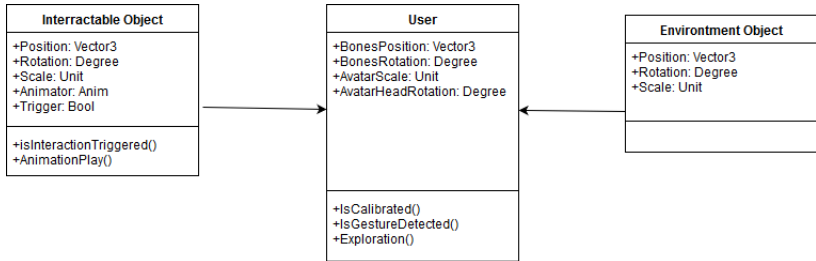
**Gambar 3.2:** StoryBoard Aplikasi.

2. Setelah melakukan kalibrasi awal, pengguna dapat melihat sedikit penjelasan tentang *Homo Erectus*.
3. Setelah itu, pengguna baru masuk kedalam dunia Virtual zaman kuartar, dimana pengguna akan melihat *Homo Erectus* dan dapat melakukan interaksi dan sedikit mengeksplorasi dunia zaman kuartar. Pada adegan pertama ada beberapa tahapan interaksi yang berpusat pada pembuatan perkakas dengan *Homo Erectus*.
4. Pada adegan kedua ada beberapa tahapan interaksi yang berpusat pada aktifitas berburu dengan *Homo Erectus*.
5. Pada adegan terakhir ada beberapa tahapan interaksi yang berpusat pada aktifitas membuat api, dan memakan daging dengan *Homo Erectus*.

### 3.4 Desain Simulasi Virtual

Simulasi Interaktif Kegiatan Manusia Purba ini disajikan menyerupai dengan diorama yang ada pada museum Sangiran. Objek-objek yang ditampilkan adalah hasil dari pemodelan tiga dimensi sesuai dengan reka imajinasi berdasarkan objek yang ada di museum Sangiran.

Berbagai kegiatan manusia purba *Homo Erectus* disajikan dengan fitur interaksi menggunakan gestur terhadap kegiatan yang sedang dilakukan pada adegan di Simulasi Kegiatan Manusia Purba. Adanya relasi antara pengguna dan koleksi berdasarkan interaksi yang dapat dilakukan. Pada Gambar 3.3, koleksi diklasifikasikan ke



**Gambar 3.3:** *Class Diagram* Aplikasi.

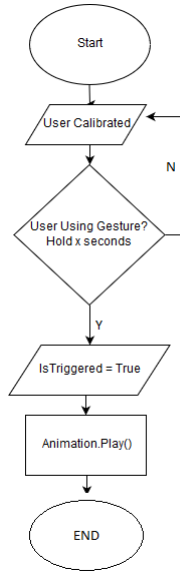
dalam dua kelas, kelas pertama adalah kelas *Interactable*, dimana pengguna dapat melakukan berbagai macam interaksi menggunakan gestur tubuh sesuai dengan adegan yang sedang dilakukan. Kelas kedua adalah *enviromtent*, dimana objek *environment* tidak dapat diinteraksikan dengan menggunakan interaksi tubuh, tapi objek tersebut menggambarkan lingkungan hidup dari objek *homo erectus*adegan tertentu.

### 3.5 Desain Sistem Interaksi

Pada sistem interaksi di museum virtual ini menggunakan Kinect v1 sebagai *input* dari pengindera tubuh. Pada penelitian ini, Kinect digunakan sebagai media interaksi yang pada dasarnya menggunakan *Skeletal Tracking* yang disediakan oleh Kinect SDK. Fitur ini dapat melacak titik sendi utama tubuh manusia, dan objek-objek tersebut dipetakan oleh *Depth Sensor* berdasarkan jarak yang dibandingkan dengan hasil *training* sebelumnya.

Data diambil dari Kinect Service dengan memanggil fungsi untuk memilah informasi dari tiap *frame* yang telah diproses. Pada Gambar 3.4 dapat dilihat alur dari sistem interaksi pada simulasi interaktif ini.

1. *isRaiseRightHand* Fungsi ini mengembalikan nilai *true* jika tangan yang terdeteksi terangkat adalah tangan kanan, jarak antara tulang tangan kanan, dan tulang bahu pengguna cukup jauh dan posisi bertahan selama 0.7 detik.
2. *isRaiseLeftHand* mengembalikan nilai *true* jika tangan yang terdeteksi terangkat *frame* adalah tangan kiri, jarak antara



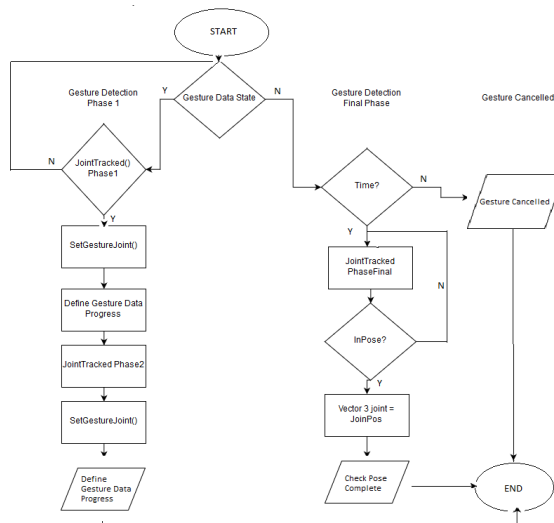
**Gambar 3.4:** Alur sistem interaksi.

tulang tangan kiri, dan tulang bahu pengguna cukup jauh dan posisi bertahan selama 0.7 detik.

3. *isWave* mengembalikan nilai *true* jika tulang tangan kanan ataupun kiri terdeteksi menghadap ke kamera, dan perpindah posisi ke kanan-kiri-kanan dengan interval 0.7 detik.
4. *isGetDown* mengembalikan nilai *true* jika tulang dada dan lutut mendekat (pengguna merunduk) dan posisi bertahan selama 0.7 detik.
5. *isUpDown* mengembalikan nilai *true* jika tangan kanan atau kiri pengguna mengangkat keatas, lalu kebawah dengan cepat dan sudut antara tulang tangan dan tulang bahu mendekati sembilan puluh derajat.
6. *isSwipeLeft* mengembalikan nilai *true* jika tangan kanan melakukan swipe kearah kiri dengan cepat, dan tangan kanan

dimulai sejajar dengan kepala.

7. *isSwipeRight* mengembalikan nilai *true* jika tangan kiri melakukan swipe kearah kanan dengan cepat, dan tangan kiri dimulai sejajar dengan kepala
8. *isPush* mengembalikan nilai *true* jika tangan kiri atau kanan melakukan gestur mendorong, yaitu tulang tangan dimulai dari mendekati tulang bahu, lalu menjauhinya dengan cepat.



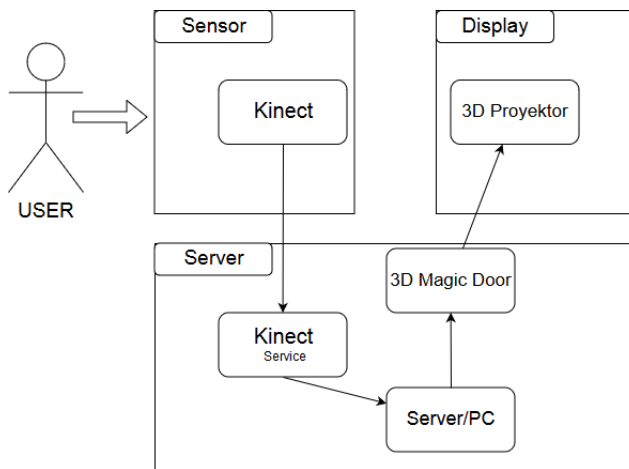
**Gambar 3.5:** Alur Pendeteksian Gestur.

Pada gambar 3.5, menjelaskan bahwa data yang diperoleh dengan memanggil fungsi gestur pada Kinect v1, dimanfaatkan dalam penyusunan algoritma interaksi gestur. Dengan memperhitungkan jarak antar tulang yang menjadi patokan, dan kecepatan selisih pergerakan tulang.

### 3.6 Desain Sistem Visualisasi

Pada umumnya monitor layar datar yang digunakan tidak dapat menampilkan objek dengan persepsi kedalaman atau bentuk 3D yang lebih nyata. Hal ini dapat diatasi dengan memanfaatkan

*stereoscopic* 3D, namun agar objek terlihat seperti ukuran aslinya, maka dalam penelitian ini saya menggunakan proyektor 3D dan *silver screen* atau layar 3D sebagai penyaji aplikasi simulasi ini. Dalam penelitian ini digunakan *stereoscopic polarization*. Teknik ini memerlukan 2 gambar dari dua kamera virtual yang diatur posisinya dan hasil render dari tiap kamera akan di proyeksikan ke masing-masing display pada proyektor (2 *display*) lalu proyektor akan mengkonversikan hasil render menjadi satu layar pada Penyaji *stereoscopic* 3D.



**Gambar 3.6:** Diagram sistem visualisasi.

Pada Gambar 3.6 dapat dilihat langkah-langkah dari sistem visualisasi simulasi virtual ini. Langkah pertama yang dilakukan pada sistem visualisasi *stereoscopic* adalah proses *rendering* pada *server*. Server mengolah tampilan pada aplikasi ini dengan teknik *polarization*. Kemudian *server* mengambil seluruh tampilan visual pada monitor untuk ditransmisikan ke penyaji 3D *stereoscopic display* menggunakan PC lalu penyaji 3D akan memproyeksikan hasil render ke *silver screen* (layar 3D).

### 3.7 Alur Kerja

Ada beberapa tahap dalam pengerjaan penelitian ini. Tahapan dari penelitian ini adalah:



1. Studi Manusia Purba Saya melakukan studi ke Museum Sangiran yang berlokasi di Sragen, Jawa Tengah untuk mempelajari tentang manusia purba *Homo Erectus*, baik itu rupanya, kegiatannya, dan segala sejarahnya secara umum.
2. Desain dan Skenario Desain alur aplikasi, dari awal sampai akhir skenario aplikasi, termasuk juga membuat dan mendeskripsikan daftar interaksi yang akan dilakukan oleh pengguna dan respon dari objek pada aplikasi itu sendiri.
3. Pembuatan Model 3D dan Animasi Membuat Model 3D untuk menggambarkan environment, dan karakter manusia purba yang akan berinteraksi dengan pengguna. Dan membuat animasi karakter yang akan menggambarkan respon karakter terhadap interaksinya dengan pengguna.
4. Menyusun *Environment* Virtual Magic Door menampilkan objek pintu, yang didalamnya berupa objek objek, yang merepresentasikan, atau replika dari lingkungan pada jaman purbakala, yang disesuaikan dengan setting environment pada Museum Sangiran.
5. Menyusun dan Kalibrasi Kamera Virtual terhadap Penyaji 3D Kamera di unity di kalibrasi untuk menyesuaikan dengan posisi dan rotasi pengguna, sehingga pengguna merasa apa yang dia lihat adalah didalam sebuah pintu. Dan juga setting kamera untuk menjadi sebuah kamera stereoscope agar dapat menampilkan ilusi kedalaman pada gambar 3D.
6. Menyusun *Motion* Menggunakan *Full Body Tracking* (Kinect) Menggunakan Full Body Tracking Kinect pada *Engine Unity*, untuk mendeteksi motion yang akan dilakukan pengguna untuk berinteraksi dengan Objek Virtual.
7. Menyusun interaksi menggunakan *Motion* dari Kinect *Full Body Tracking* Menggunakan Motion yang didapat dari *Full Body Tracking* untuk melakukan Interaksi dengan Objek di Unity dengan membuat fungsi tertentu yang dapat digunakan untuk memicu respon interaksi tertentu dari objek.

8. Menyusun adegan di Unity Objek yang sudah dibuat, disusun di dalam Unity berdasarkan alur storyboard yang sudah dibuat sebelumnya. Animasi pun diatur pada FSM Unity tiap Objek sesuai dengan alur interaksi yang sudah dibuat sebelumnya.
9. Integrasi Respon Animasi Objek terhadap *Motion* Interaksi Kinect Mengintegrasikan *motion* yang sudah dibuat menggunakan kinect, dengan respon Animasi yang sudah dibuat pada Objek Karakter Manusia Purba sehingga dapat berinteraksi dengan pengguna. Integrasi motion dilakukan menggunakan Animator (*FSM* pada Unity. Dengan memberikan trigger respon animasi terhadap *motion* yang ada.
10. Evaluasi Interaksi dan visualisasi yang diterapkan dievaluasi dengan pengujian untuk mengukur hasil penelitian dengan tujuan yang direncanakan.

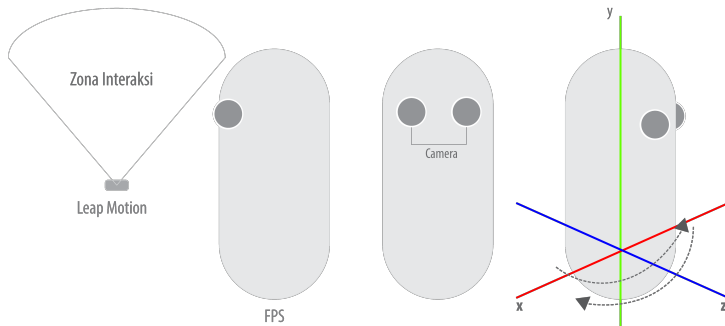
### 3.8 Implementasi 3D Magic Door

Simulasi dibangun menggunakan *engine* Unity 3D 5.6.1f. Objek-objek 3D yang dibuat berupa hasil reka imajinasi berdasarkan objek yang terdapat pada diorama Museum Sangiran, yaitu Manusia Purba, dan berbagai objek untuk lingkungannya seperti pohon, bebatuan, dan objek lainnya.

Media Interaktif Virtual 3D Magic Door dirancang untuk menjadi sebuah media yang *immersive*, juga interaktif sebagai penunjang pengetahuan dan informasi kepada masyarakat untuk mengenal kehidupan manusia purba. Pengguna dapat melakukan interaksi dengan manusia purba didalam jendela dunia virtual yang ditampilkan melalui Penyaji 3D.

Pada aplikasi 3D Magic Door pengguna dapat melakukan sedikit eksplorasi lingkungan dari zaman kuarter. Untuk itu disediakan objek *First Person Controller* sebagai *player* yang dapat memerankan player sehingga player seakan dapat merasakan bahwa ia dapat berada di dunia virtual tersebut. *First Person Controller* adalah objek perantara yang dikendalikan oleh pengguna menggunakan *Skeletal Tracking* Kinect sehingga pengguna dapat menggerakkan Objek FPS dengan menggunakan badannya sendiri dalam melakukan eksplorasi maupun interaksi dengan dunia virtual.

Pada objek FPS, posisi kamera tidak diletakkan persis sesuai dengan posisi mata manusia melainkan mengambil posisi tengah dari kepala dan kedua bahu, sehingga posisi kamera menjadi seimbang dan kamera tidak menghasilkan banyak getaran yang berlebihan sehingga tidak membuat pengguna tidak nyaman. Kamera di setup menggunakan teknik 3D *stereoscopic* yaitu layar dibagi menjadi dua bagian kanan dan kiri. Citra yang diambil oleh kamera stereo ditampilkan pada penyaji 3D *server* melalui proses *rendering*.



**Gambar 3.7:** *First Person Controller* pada Simulasi Virtual.

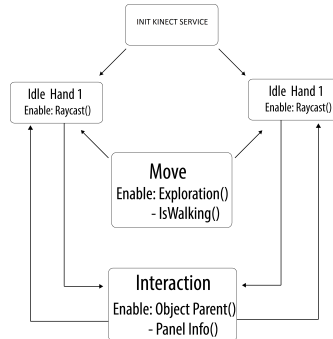
Pada Gambar 3.7 dapat dilihat desain dari *First Person Controller* pada museum virtual. Objek FPS tidak memiliki objek fisik yang terlihat kecuali kedua tangan. Hal ini bertujuan untuk menyajikan fasilitas kepada pengguna agar dapat merasa bahwa ia berada di dunia virtual tersebut dalam derajat tertentu, dan juga dapat mengendalikan objek yang berada dalam dunia virtual, juga mendapat situasi yang nyaman untuk melakukan interaksi ataupun eksplorasi lingkungan zaman kuartar.

Objek FPS ini memiliki zona interaksi Kinect yang ikut bertranslasi dengan objek FPS. Zona Kinect diatur dengan posisi sensor perangkat berada diatas meja didepan Layar 3D *stereoscopic*. Sehingga pengguna dapat menikmati penyajian museum virtual dalam layar 3D.

### 3.9 Implementasi Sistem Interaksi

Pada simulasi ini terdapat beberapa interaksi yang dapat dilakukan pengguna. Terdapat delapan gestur yang digunakan dalam

simulasi ini, dan pada masing masing adegan terdapat minimal dua sampai tiga interaksi yang menggambarkan kegiatan manusia pura-pura, dan pengguna dapat merasakan seolah mereka juga melakukan hal tersebut bersama dengan objek *Homo Erectus* di dalam simulasi.



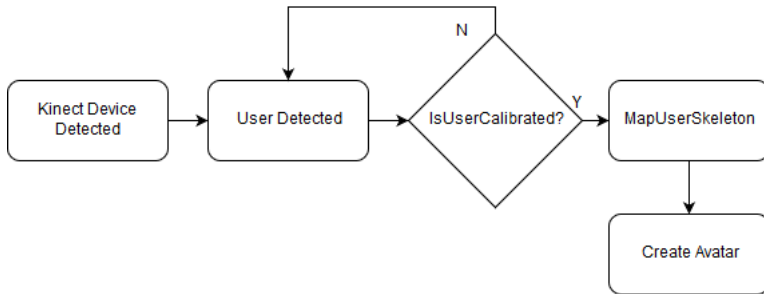
**Gambar 3.8:** *State Diagram* interaksi.

Pada Gambar 3.8 dijelaskan tentang *state diagram* dari sistem interaksi pada *3D Magic Door*. Langkah pertama yaitu Kalibrasi pengguna dengan cara mengangkat tangan kanan atau kiri, sehingga Kinect dapat secara spesifik menangkap data posisi tubuh dari pengguna tersebut.

### 3.9.1 Kalibrasi Pengguna

Sebelum masuk ke adegan interaktif, pengguna perlu melalui proses kalibrasi pada perangkat Kinect yang dilakukan di *Main Menu*. Hal ini dilakukan agar sensor dapat bekerja dengan stabil dan akurat dalam mendeteksi atau melacak pengguna yang akan menggunakan simulasi ini.

Proses kalibrasi Kinect v1 dilakukan dengan menghadapkan permukaan perangkat Kinect secara horisontal, dan pengguna harus berdiri dihadapan perangkat dan menghadapkan wajahnya kearah perangkat. Umumnya, Kinect akan mendeteksi 2 pengguna pertama yang paling dekat dengan kamera perangkat, akan tetapi untuk mendeteksi pengguna aktif dan agar lebih stabil perlu dilakukan penandaan user aktif dengan ID, maka dengan itu perlu dilakukan kalibrasi untuk pengguna yang aktif. Kalibrasi dilakukan dengan cara mengangkat tangan, sensor kinect akan mendeteksi pengguna



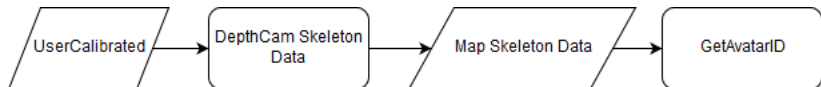
**Gambar 3.9:** Alur Kalibrasi Kinect

yang mengangkat tangannya terlebih dahulu, lalu memasukkan data dari *Skeleton User* tersebut kedalam sistem *Kinect Skeleton Stream*, lalu data *skeleton user* tersebut akan diberi ID.

Kalibrasi Kinect ini juga berfungsi untuk mengatasi masalah gangguan pada sensor perangkat Kinect, agar apabila ada pengguna lain tidak akan terlalu mengganggu *stream data user*.

### 3.9.2 Avatar Controller

Pada simulasi virtual ini, selain dapat berinteraksi pengguna juga dapat melakukan eksplorasi yang terbatas dengan menggunakan badannya sendiri sebagai pengatur gerakan karakter FPS.



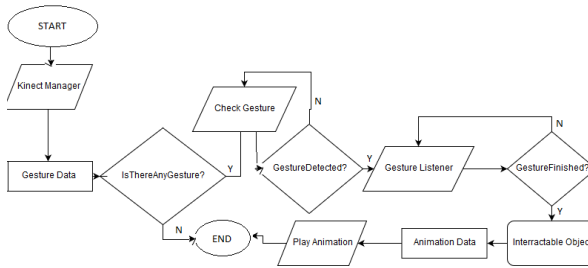
**Gambar 3.10:** Kalibrasi Avatar

Pada Gambar 3.10 dijelaskan tentang *flowchart* dari algoritma *Avatar Controller* menggunakan Kinect. *Avatar Controller* adalah komponen yang mentransfer gerakan pengguna yang ditangkap Kinect ke model *humanoid*, yang komponennya. Ini adalah cara yang digunakan untuk melakukan pengecekan ID atau penanda *skeleton user*, dan memetakannya kepada model FPS yang digunakan di simulasi. Terdapat beberapa *properties* yang digunakan pada komponen *Avatar Controller* Kinect v1, komponen penting yang harus diperhatikan adalah *Player Index*, *Mirrored Movement*, *Smooth Fa-*

ctor, Vertical dan Forward Offset.

### 3.9.3 Algoritma Action Trigger

Pada setiap adegan terdapat aksi yang dapat dilakukan oleh objek Manusia Purba berupa animasi pada simulasi, apabila player dapat mentrigger respon dari objek tersebut. Respon dari objek dipicu oleh gestur yang dilakukan oleh pengguna. Menyesuaikan dengan gestur tersebut *script* pada objek akan merespon sesuai dengan adegan dan parameter *boolean* yang dipicu.



**Gambar 3.11:** Flowchart algoritma Action Trigger.

Pada Gambar 3.11 dijelaskan tentang *flowchart* dari algoritma Action trigger pada setiap adegan. Parameter *boolean* pada setiap *animator* yang terpasang pada objek yang akan memberikan respon berguna sebagai penentu animasi apa yang akan dijalankan oleh objek di setiap adegan.

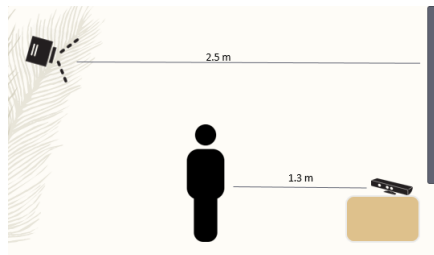
### 3.9.4 Algoritma Object as Child

Pada beberapa adegan, pengguna dapat memberikan, atau memegang benda yang akan digunakan sebagai media interaksi dengan Manusia Purba *Homo Erectus* pada simulasi ini. Dengan *trigger* tertentu objek akan berada pada tangan *avatar* pengguna dan pengguna dapat mengontrolnya dan menggunakannya untuk berinteraksi dengan lingkungan virtual. Hal ini dilakukan dengan cara menjadikan objek yang akan digunakan sebagai media interaksi sebagai child dari objek tangan atau jika lebih spesifik tulang dari tangan avatar yang sudah dikalibrasikan dengan *skeleton* tubuh pengguna, sehingga objek seakan berada di tangan pengguna di dunia virtual.

Pada Gambar diatas dijelaskan tentang algoritma *object as child* yang bernilai *true* dan *false*. *Object as child* akan bernilai *false* apabila *trigger* pada *animator* tertentu terdeteksi maka komponen *avatar* akan memberi nilai *true* pada *object as child*.

### 3.10 Implementasi Sistem Visualisasi

Sistem visualisasi terdiri dari beberapa perangkat keras pendukung. Pada Gambar 3.12, terdapat ilustrasi sistem visualisasi dari simulasi interaktif ini. Sistem memiliki *server* yang berfungsi sebagai *host* simulasi interaktif yang dieksplorasi oleh pngguna. Secara bersamaan *server* melakukan komputasi untuk melakukan *render* berupa mengolah data pengindra tubuh (Kinect v1). *Server* juga melakukan *rendering* dunia virtual untuk ditampilkan dengan *stereoscopic display*. Pada penelitian ini, Proyektor 3D *display* berfungsi untuk menampilkan hasil dari *render* pada *server* dan diproyeksikan pada 3D.



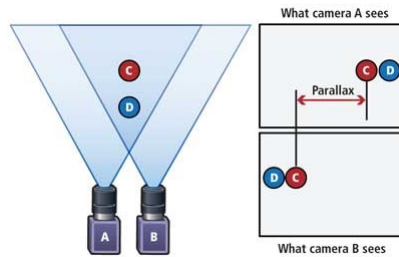
**Gambar 3.12:** Konfigurasi *server* dan TV 3d *Display scene*.

#### 3.10.1 Konfigurasi *Server* dan Penyaji 3D

Pada penelitian ini, simulasi ditampilkan pada Layar 3D dengan menggunakan teknologi *stereoscopic display* yang di proyeksikan oleh Proyektor 3D ini terhubung pada *server* PC dan sensor Kinect v1. Fungsi dari Proyektor 3D ini hanya untuk menampilkan hasil render museum virtual dari *server* dan visual bagi pengguna untuk melakukan interaksi menggunakan sensor pengindra tubuh. Tujuan dari penggunaan Proyektor dan Layar 3D ini adalah menambah sensasi kedalaman dari Simulasi Interaktif *3D Magic Door* ini.

### 3.10.2 Konfigurasi Kamera Virtual

Karena aplikasi ini menggunakan *3D Stereoscopic display* yang menggunakan teknik *polarization*, kamera virtual yang digunakan pada Unity terdapat dua kamera, yaitu kamera yang menangkap visualisasi yang dilihat mata kiri, dan kamera untuk menangkap visualisasi yang dilihat mata kanan. Posisi kedua kamera tidak di satu tempat yang sama, melainkan bergeser sebesar 0.1 meter dalam unit skala unity, agar saat ditampilkan pada layar 3D dan dilihat menggunakan kacamata khusus, akan menghasilkan efek kedalaman.



**Gambar 3.13:** Konfigurasi kamera virtual.

Pada gambar 3.21 terlihat bahwa masing-masing kamera ditampilkan pada dua *display* yang berbeda, karena proyektor penyaji 3D memiliki dua perangkat proyeksi *display* yang masing-masing memiliki filter tersendiri yang akan disaring oleh kacamata 3D.

*Script* pada kamera akan langsung mendeteksi apabila terdapat dua *display* yang berbeda yang terhubung dengan server, dan memisahkan *display* pada kedua kamera, jika *display* yang terdeteksi kurang dari dua, maka akan menggunakan satu kamera utama saja. Kamera akan di attach pada sebuah objek kosong yang diletakkan tepat ditengah tiga titik tulang pada *avatar*, yaitu kedua bahu, dan tulang kepala. Kamera tidak langsung diletakkan pada objek tersebut, melainkan kamera akan mengikuti rotasi dan posisi titik tersebut, dengan kecepatan rotasi sumbu (x) diatur sehingga kamera tidak akan bergetar secara ekstensif dan pengguna akan merasa lebih nyaman ketika menggunakan atau mengikuti alur aplikasi. Hal ini bertujuan agar pengguna dapat mengendalikan objek *avatar* sebebaskan dan senyaman mungkin.



## BAB 4

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada penelitian ini, terdapat beberapa pengujian yang dilakukan. Pengujian yang pertama adalah pengujian perfromansi sistem, dimana kinerja *render* simulasi virtual diukur pada beberapa resolusi pada *server*. Pengujian kedua adalah pengujian pendeteksi pengindra tubuh. Pada pengujian ini kemampuan baca pengindra tubuh diukur dengan melakukan serangkaian pola gestur yang digunakan pada simulasi untuk memicu interaksi pada fitur-fitur yang disediakan pada simulasi virtual. Pengujian ketiga adalah pengukuran penyelesaian waktu simulasi, pengukuran dilakukan dengan melibatkan sejumlah partisipan untuk menyelesaikan simulasi untuk mengukur *Completion Rate* dan rata-rata waktu penyelesaian simulasi. Pengujian keempat adalah pengujian imersifitas melalui kuisisioner, dimana sistem pengujian ini melibatkan partisipan yang diminta untuk melakukan interaksi pada museum virtual.

#### 4.1 Pengujian Performasi Sistem

Pada pengujian performansi, sistem diuji pada beberapa resolusi pada *server* yang sama. Hal ini dilakukan untuk mengetahui performansi *render* sistem bila dijalankan pada resolusi yang berbeda.

**Tabel 4.1:** Spesifikasi *server* yang digunakan.

Spesifikasi	
<i>Processor</i>	Intel(R) Core(TM) i7-4770 3.4GHz
<i>RAM</i>	12288MB RAM
<i>GPU</i>	NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti
<i>HDD</i>	1 TB
Sistem Operasi	Windows 8.1 Pro 64-bit
Konektifitas	USB 3

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat spesifikasi pada *server* yang digunakan. Pada Tabel tersebut terlihat bahwa *server* memiliki spesifikasi yang cukup untuk menjalankan simulasi virtual ini.

**Tabel 4.2:** Parameter *Quality Settings* Unity

Parameter	Detail
<b>Rendering</b>	<i>Pixel Light Count</i>
	<i>Texture Quality</i>
	<i>Anisotropic Textures</i>
	<i>Anti Aliasing</i>
<b>Shadows</b>	<i>Hard and Soft</i>
	Resolution
	Projection
	Distance
<b>Other</b>	<i>Blend Weights</i>
	<i>VSync Counts</i>
	<i>LOD Bias</i>
	<i>Max LOD Level</i>
	<i>Async Upload Time Slice</i>
	<i>Async Upload Buffer Size</i>

Berikut pada tabel 4.2 dapat dilihat rincian parameter pada setiap *Quality Settings* pada Unity dan pembagian resolusi yang digunakan untuk pengujian performa simulasi.

Pada penelitian ini digunakan tiga resolusi dan tiga *Quality Setting* yang berbeda untuk melakukan pengujian performansi *render* simulasi yang dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3:** Aturan *Quality Settings* dan Resolusi

<b><i>Quality Settings</i></b>	<b><i>Resolution</i></b>
<i>Fastest</i>	1920 x 1080
<i>Simple</i>	1600 x 900
<i>Beautiful</i>	1366 x 768

Resolusi pertama lebih rendah dibandingkan resolusi ketiga dan keempat. Sistem dapat berjalan dalam kondisi ideal pada resolusi pertama dan kedua, sedangkan pada resolusi ketiga terkadang tidak ideal tergantung dengan *Quality Setting* yang digunakan, apabila menggunakan simple dan beautiful, dinilai masih kurang ideal. Perbedaan resolusi dan *Quality Setting* yang digunakan dapat mem-

pengaruhi proses *rendering* pada simulasi virtual dikarenakan penggunaan dua proyektor sebagai display utama sehingga beban *server* untuk melakukan proses *render* lebih berat dibandingkan dengan aplikasi simulasi pada umumnya. Sehingga resolusi ketiga tersebut dipilih sebagai kondisi yang tidak ideal untuk menjalankan sistem pada *server* yang sekarang digunakan.

#### 4.1.1 *Benchmark*

Dengan perbedaan resolusi dan *quality settings* tersebut, daya komputasi *server* akan diuji dengan beban *render* yang berbeda-beda. Agar daya komputasi pada *server* pada setiap konfigurasi yang digunakan dapat dibandingkan, perlu dilakukan proses *benchmark* terlebih dahulu.

Dalam bidang komputasi, *benchmark* adalah proses pengukuran dan evaluasi kemampuan komputasi suatu perangkat. *Benchmark* dirancang untuk meniru suatu beban kerja pada komponen atau sistem. Pada penelitian ini, *benchmark* yang diterapkan adalah menguji kemampuan *processor* dan kartu grafis. Kemampuan *processor* diuji dengan memanfaatkan *processor* untuk melakukan *rendering* pada lingkungan museum virtual. Sedangkan kemampuan kartu grafis diuji dengan memanfaatkan kartu grafis untuk melakukan *rendering* sebuah animasi.

Pengujian dilakukan dengan menjalankan sistem dalam sebuah skenario. Skenario yang digunakan adalah skenario interaksi pada setiap adegan, interaksi yang dimaksud adalah pergerakan karakter untuk merespon gestur dari pemain, serta rotasi kamera terhadap *First Person Character* untuk ke kiri dan ke kanan. Skenario ini diterapkan karena mencakup perubahan terhadap posisi agen dalam keadaan diam dan bergerak.

### Pengujian Performansi pada Server

Hasil pengujian dengan melakukan skenario interaksi eksplorasi pada *server* PC 1 dapat dilihat pada Tabel 4.2. *Server* PC 1 merupakan *server* yang memiliki daya paling tinggi untuk menjalankan simulasi virtual.

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, skenario pengujian merupakan simulasi pada tiap adegan menggunakan *First Person Character* avatar pada simulasi.

Dapat dilihat pada tabel 4.4, pengujian sistem pada server PC

**Tabel 4.4:** Hasil Pengujian Performa

<i>Trial</i>	<i>Quality</i>	<i>Resolution</i>	<i>Frame Rate</i>			
			<i>Lowest</i>	<i>Median</i>	<i>Highest</i>	<i>Mean</i>
<b>1</b>	Fastest	1920 x 1080	32	42	120	43
	Simple	1920 x 1080	24	40	52	39.5
	Beautiful	1920 x 1080	12	20	60	21.58
<b>2</b>	Fastest	1600 x 900	40	60	240	65.4
	Simple	1600 x 900	30	40	60	40.5
	Beautiful	1600 x 900	2	24	42	36
<b>3</b>	Fastest	1366 x 768	52	76	120	77.85
	Simple	1366 x 768	34	48	60	47.89
	Beautiful	1366 x 768	24	34	58	35.2

1 *frame rate* yang diperoleh berbeda tergantung oleh *quality settings* dan resolusi yang digunakan, yang digunakan. Pada *Trial 1* resolusi yang digunakan adalah 1920 x 1080, dapat dilihat pada tabel 4.1a bahwa rata-rata *frame rate* tertinggi masih dibawah 60 fps, yaitu pada *quality setting* dengan aturan *simple*, dan dibawah 30 fps ketika menggunakan *quality setting* dengan aturan *beautiful*, sehingga terbukti bahwa resolusi yang digunakan pada *Trial 1* merupakan kondisi yang kurang ideal untuk sistem.

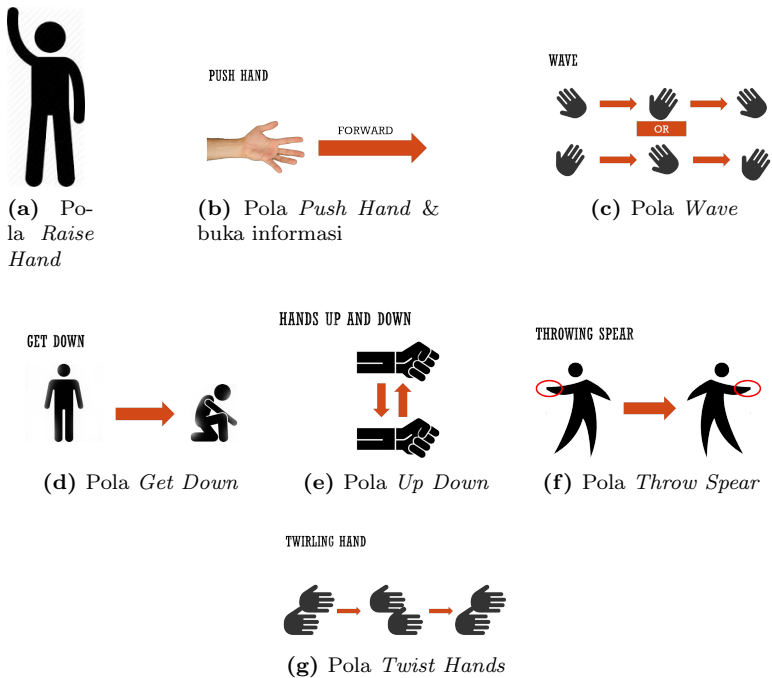
Pada *Trial 2* resolusi yang digunakan sebesar 1600 x 900. Dapat dilihat pada hasil percobaan bahwa terdapat satu kondisi dimana rata-rata *frame rate* saat simulasi sedang dijalankan diatas 60 fps, sehingga dapat dinilai bahwa aturan tersebut merupakan salah satu kondisi yang cukup ideal untuk menjalankan sistem, yaitu ketika resolusi 1600 x 900 dijalankan pada *quality setting Fastest*.

Pada *Trial 3* resolusi yang digunakan sebesar 1366 x 768. Dapat dilihat pada hasil percobaan bahwa rata-rata *frame rate* tertinggi yang didapat ketika sistem simulasi dijalankan diatas 60 fps, dan merupakan rata-rata tertinggi apabila dibandingkan dengan kedua percobaan lainnya. Hal ini diakibatkan karena resolusi yang digunakan, tidak memberatkan kinerja komputasi *server* yang harus melakukan proses *render* dua kali secara bersamaan sehingga tidak terjadi fluktuasi perolehan *frame rate*. Dapat disimpulkan resolusi yang digunakan pada percobaan ketiga merupakan resolusi yang

ideal untuk digunakan pada sistem saat ini.

## 4.2 Pengujian Deteksi Pengindera Tubuh

Pada penelitian ini, digunakan perangkat pengindera tangan Kinect sebagai sensor dari pola tubuh dalam sistem simulasi virtual. Pengujian ini dilakukan pada interaksi dan pola tubuh yang telah dirancang dan diterapkan. Melalui pengujian ini juga, performansi pengindera tubuh diukur dengan memperhitungkan kemampuan baca pola gestur yang bervariasi[17]. Pada pengujian pengindera tubuh ini, percobaan dilakukan dengan melakukan interaksi dengan memenuhi parameter interaksi dan pola gestur yang diperlukan. Namun pada beberapa pola dilakukan perulangan dengan perbedaan sisi dari pengindera tubuh. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan pengindera tubuh dalam mendeteksi pola gestur dengan variasi yang berbeda.



**Gambar 4.1:** Variasi pola gestur tubuh.

Setiap pola tangan dilakukan perulangan sebanyak 30 iterasi dari lima peserta, setiap partisipan melakukan perulangan gestur sebanyak enam kali. Tiap iterasi memperhitungkan parameter yang telah ditentukan. Parameter yang digunakan adalah efektifitas yang memperhitungkan jumlah iterasi pola tangan yang berhasil memicu interaksi dengan manusia purba.

**Tabel 4.5:** Hasil pengujian deteksi gestur tubuh

Partisipan ke-	Gestur Ke-						
	1	2	3	4	5	6	7
1	100%	100%	50%	66%	66%	33%	83%
2	83%	66%	100%	100%	50%	83%	83%
3	100%	83%	33%	100%	50%	66%	100%
4	100%	66%	50%	83%	83%	66%	100%
5	100%	83%	33%	100%	50%	66%	100%

Pada Tabel 4.5, dapat dilihat dari total 30 iterasi yang dilakukan pada seluruh pola gestur tubuh oleh kelima partisipan, tiap gestur interaksi memiliki nilai efektifitas yang berbeda.

Untuk pola *Raise Hand* pengguna harus menggunakan tangan kanan untuk mengkalibrasi Kinect. Dari tiga puluh kali percobaan total pemain dapat memicu sebanyak dua puluh sembilan kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu enam kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Raise Hand* memiliki tingkat efektifitas sebesar 97%.

Pada pola tangan *Push Hand* pengguna dapat menggunakan tangan kanan, maupun tangan kiri mereka. Dari total 30 kali percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 24 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu lima kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Push Hand* memiliki tingkat efektifitas sebesar 80%.

Pada pola tangan *Wave* pengguna dapat menggunakan tangan kanan, maupun tangan kiri mereka. Dari total 30 kali percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 16 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu tiga kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur kurang cukup efektif karena gestur *Wave* memiliki tingkat efektifitas sebesar 53%. Kesulitan mendeteksi dikare-

nakan cara pemain melambatkan tangan tidak seluruhnya sama.

Pada pola tubuh *Get Down* pengguna menggunakan seluruh tubuhnya. Dari total 30 kali percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 27 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu lima kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Gestur* memiliki tingkat efektifitas sebesar 90%.

Pada pola tangan *Up Down* pengguna harus menggunakan kedua tangannya. Dari total 30 kali percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 18 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu empat kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Up Down* memiliki tingkat efektifitas sebesar 60%.

Pada pola tangan *Throw Spear* pengguna bebas untuk menggunakan salah satu dari kedua tangannya tergantung dari kebiasaan mereka masing-masing. Dari total 30 percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 19 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu empat kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Throw Spear* memiliki tingkat efektifitas sebesar 61%.

Pada pola tangan *Twist Hands* pengguna harus menggunakan kedua tangannya. Dari total 30 kali percobaan, pemain dapat memicu sebanyak 28 kali interaksi. Dengan rata-rata tiap pemain memicu enam kali interaksi. Sehingga dapat dikatakan bahwa pola gestur sudah cukup efektif karena gestur *Twist Hands* memiliki tingkat efektifitas sebesar 93%.

Dari hasil pengujian deteksi pola gestur tubuh dengan jumlah perulangan total sebanyak 210 iterasi, didapatkan nilai rata-rata dari setiap pola gestur untuk memicu interaksi. Sebanyak 76% interaksi dapat dipicu oleh pengguna secara keseluruhan.

### 4.3 Pengujian Ketergunaan

Ketergunaan atau *usability* adalah sejauh mana suatu produk dapat digunakan oleh pengguna tertentu dalam mencapai suatu tujuan dengan efektifitas, efisiensi dan kepuasan dalam konteks yang dispesifikasikan[16].

Untuk dapat menerapkan metrik ketergunaan, pada pengujian dalam penelitian ini, partisipan diminta untuk melakukan tiga

buah skenario yang mewakili penggunaan interaksi menggunakan pengindra tubuh. Ketiga skenario tersebut adalah skenario memulai adegan, skenario *tutorial* dan skenario interaksi. Setiap skenario memiliki jenis tugas yang berbeda sesuai dengan interaksi yang diuji. Parameter yang diukur adalah keberhasilan dan berapa lama waktu yang dibutuhkan pengguna untuk melakukan eksplorasi dan interaksi pada simulasi virtual. Dari ketiga skenario, terdapat dua belas tugas yang harus diselesaikan oleh partisipan. Pada Tabel 4.10 dijelaskan tentang skenario dengan masing-masing tugas beserta deskripsinya. Pengujian ketergunaan ini dilakukan dengan melibatkan 30 orang partisipan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor pengindra tangan Kinect v1 dan PC *server* dengan spesifikasi seperti pada Tabel 4.9 menggunakan penyaji tiga-dimensi sebagai media visualnya.



**Tabel 4.6:** Skenario Aplikasi untuk Pengujian.

No	Skenario	Deskripsi
1	<i>Play Scene</i>	Memulai aplikasi simulasi pada menu awal menggunakan gesture mengangkat tangan.
2	<i>Tutorial Scene</i>	Perkenalan gesture yang akan digunakan pada adegan pertama.
3	Interaksi	Melakukan interaksi menunduk kepada manusiapurba pada adegan pertama
4	Interaksi	Melakukan interaksi melambaikan tangan kepada manusia purba pada adegan pertama
5	Interaksi	Melakukan interaksi memberikan batu kepada manusia purba pada adegan pertama
6	Interaksi	Melakukan interaksi memahat batu dengan manusia purba pada adegan pertama
7	<i>Tutorial Scene</i>	Perkenalan gesture yang akan digunakan pada adegan kedua.
8	Interaksi	Melakukan interaksi memberikan tombak kepada manusia purba pada adegan kedua
9	Interaksi	Melakukan interaksi berburu harimau dengan manusia purba pada adegan kedua
10	<i>Tutorial Scene</i>	Perkenalan gesture yang akan digunakan pada adegan ketiga.
11	Interaksi	Melakukan interaksi menyalakan api dengan manusia purba pada adegan ketiga
12	Interaksi	Melakukan interaksi mengambil daging yang telah dimasak dengan manusia purba pada adegan ketiga

Sebelum melakukan skenario, partisipan diberikan arahan untuk memahami interaksi yang dibutuhkan dan apa tujuan dari aplikasi ini. Skenario interaksi dirancang untuk menguji interaksi tubuh untuk melakukan interaksi dan eksplorasi dalam simulasi virtual.

Dari empat adegan yang disajikan, skenario pertama yang harus dilakukan oleh partisipan adalah memulai aplikasi simulasi virtual pada menu utama simulasi virtual. Jika partisipan berhasil melakukan interaksi untuk memulai aplikasi, maka pengguna akan masuk kedalam adegan selanjutnya dan memulai simulasi virtual.

Tugas kedua adalah mengetahui penggunaan gestur yang akan dilakukan pada adegan pertama di simulasi virtual, yaitu adegan memahat batu.

Tugas ketiga adalah melakukan interaksi pertama pada simulasi, yaitu menunduk kepada manusia purba. Interaksi dilakukan dengan cara merendahkan badan selama 0.7 detik.

Tugas keempat adalah melakukan interaksi melambatkan tangan pada manusia purba, untuk memberi kesan pada pengguna bahwa mereka sedang berkenalan dengan objek manusia purba pada adegan tersebut.

Tugas kelima adalah melakukan interaksi mengambil batu dari manusia purba untuk persiapan interaksi selanjutnya, yaitu memahat batu dengan manusia purba. Interaksi dilakukan dengan cara melakukan gestur mendorong tangan ke arah manusia purba.

Tugas keenam adalah melakukan interaksi utama pada adegan pertama, yaitu memahat bersama dengan manusia purba. Interaksi dilakukan dengan cara melakukan gestur menggerakkan tangan ke atas dan kebawah seakan-akan sedang memahat sebuah batu. Manusia purba dan avatar akan merespon sesuai gestur yang dilakukan.

Tugas ketujuh adalah mengetahui penggunaan gestur yang akan dilakukan pada adegan kedua di simulasi virtual, yaitu adegan berburu.

Tugas kedelapan adalah melakukan interaksi pertama pada adegan kedua, yaitu mengambil tombak dari manusia purba untuk selanjutnya dilempar pada harimau. Interaksi dilakukan dengan cara mendorong tangan ke arah manusia purba.

Tugas kesembilan adalah melakukan interaksi terakhir pada adegan kedua, yaitu melempar tombak kepada harimau. Untuk menyelesaikan interaksi ini, pemain harus melakukan gestur mele-

par tombak sampai mengenai target harimau sehingga perburuan harimau selesai.

Tugas kesepuluh adalah mengetahui penggunaan gestur yang akan dilakukan pada adegan terakhir di simulasi virtual.

Tugas kesebelas adalah melakukan interaksi pertama pada adegan terakhir, yaitu menyalakan api menggunakan kayu dengan manusia purba. Interaksi dilakukan dengan cara memajukan kedua tangan secara bergantian, seakan-akan pengguna sedang menyalakan api menggunakan sebatang kayu yang diputar-putar hingga api pada adegan menyala.

Untuk tugas terakhir pengguna melakukan interaksi mengambil daging yang sudah dimasak oleh manusia purba, dan menyantapnya dengan manusia purba pada adegan tersebut. Interaksi dilakukan dengan cara mendorong tangan kearah daging yang sedang dimasak untuk mengambilnya.

### 4.3.1 Pengujian Efektifitas

Pengujian efektifitas ini dapat dilakukan dengan memperhitungkan pengukuran *completion rate*. Pengukuran ini meminta partisipan untuk menyelesaikan serangkaian adegan yang telah disediakan. *Completion rate* diperhitungkan dengan memberikan nilai 1 jika partisipan berhasil menyelesaikan suatu tugas dan 0 jika partisipan tidak mampu menyelesaikannya. Semakin tinggi *completion rate* maka semakin efektif sistem tersebut. Dan selain itu partisipan akan diukur waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan simulasi. Tujuannya agar dapat diukur seberapa efektif pemain dapat menyelesaikan adegan pada simulasi.

$$\text{Effectivity} = \frac{\text{Completed Tasks}}{\text{Total Number of Tasks}} \times 100\% \dots\dots\dots 4.1$$

Melalui persamaan 4.1, nilai *completion rate* dapat diketahui dengan presentasi tugas yang telah diselesaikan oleh partisipan. *Completion rate* tidak membutuhkan parameter waktu untuk menyelesaikan tugas, selama satu tugas dapat diselesaikan maka akan bernilai 1.

**Tabel 4.7:** Hasil pengujian *Completion Rate*

Total Pengguna	Completion Rate	Completion Time		
		Longest	Mean	Fastest
30 Orang	1	360 s	194 s	131 s

Skenario yang telah disediakan dilakukan oleh partisipan tanpa bantuan penguji. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah eksplorasi simulasi Virtual ini mudah dilakukan oleh partisipan secara intuitif. Partisipan terdiri dari 30 orang yang merupakan mahasiswa ITS yang berusia 20-25 tahun. Berdasarkan jumlah tugas yang ditentukan yaitu 3 adegan dengan delapan gestur maka terdapat total 240 percobaan yang diujikan pada seluruh partisipan. Hasil pengujian *completion rate* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.11, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa peserta membutuhkan waktu yang lebih lama daripada peserta lainnya, hal ini disebabkan karena sensor pengindera tubuh Kinect v1 terkadang kesulitan untuk mendeteksi posisi tangan pada peserta, hal ini juga dikarenakan peserta yang memiliki cara melakukan gestur yang bervariasi.

### 4.3.2 Pengujian Kuisioner

Pengujian kuisioner ini dilakukan dengan cara memberi kuisioner kepada para partisipan yang telah mencoba aplikasi ini. Pengujian ini dilakukan pada 30 orang partisipan yang merupakan mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang berusia 20-25 tahun. Pada pengujian kuisioner ini, partisipan diberikan beberapa pernyataan untuk mengetahui berapa tingkat persetujuan responden terhadap pernyataan tersebut. Partisipan diberikan tujuh opsi yang berisikan tingkat persetujuan dan diminta untuk memilih salah satu dari opsi tersebut. Berikut adalah opsi-opsi yang disediakan:

1. Tidak Sama Sekali (1)
2. Hampir Tidak Sama Sekali (2)
3. Kurang Cukup (3)
4. Cukup (4)
5. Lebih dari Cukup (5)
6. Hampir Sangat (6)
7. Sangat (7)

Pada pengujian ini, partisipan menerima delapan belas buah pernyataan. Daftar pernyataan dapat dilihat dibawah ini [15] :

1. Seberapa banyak anda dapat mengendalikan kegiatan pada lingkungan virtual?
2. Seberapa responsif lingkungan ketika diinisiasikan oleh aksi anda?
3. Seberapa natural interaksimu dengan lingkungan virtual?
4. Seberapa banyak aspek visual pada lingkungan melibatkanmu?
5. Seberapa natural mekanisme yang mengontrol pergerakanmu melalui lingkungan virtual ?
6. Seberapa banyak pengalaman dalam lingkungan virtual yang tampak konsisten dengan pengalaman dunia nyata anda?
7. Apakah anda dapat mengantisipasi apa yang akan terjadi pada lingkungan virtual ketika anda melakukan aksi?
8. Seberapa banyak anda dapat melakukan survey pada lingkungan menggunakan pengelihatan Anda?
9. Seberapa menarik sensasi bergerak pada dunia virtual?
10. Seberapa dekat anda dapat memeriksa sebuah objek?
11. Seberapa terlibat anda ketika berada pada lingkungan virtual?
12. Seberapa banyak delay yang anda rasakan diantara aksi Anda dengan respon pada dunia virtual?
13. Seberapa mahir dalam bergerak dan berinteraksi dengan lingkungan virtual yang Anda rasakan di akhir pengalaman?
14. Seberapa besar kualitas tampilan visual mengganggu atau mengalihkan perhatian Anda dari melakukan tugas yang ditetapkan atau aktivitas yang diperlukan?
15. Seberapa banyak perangkat kontrol mengganggu kinerja tugas yang ditetapkan atau dengan kegiatan lain?
16. Seberapa baik Anda dapat berkonsentrasi pada tugas yang ditugaskan atau aktivitas yang diperlukan daripada pada mekanisme yang digunakan untuk melakukan tugas atau kegiatan tersebut?
17. Seberapa dekat Environment pada simulasi, dengan environment pada diorama?
18. Jika dibandingkan dengan sebelum melakukan simulasi, seberapa banyak anda merasa tahu tentang manusia purba Homo Erectus?

Pernyataan nomor 1 sampai dengan 7 ditujukan untuk mengetahui bagaimana pengalaman pengguna tentang sistem kontrol simulasi virtual dan alat pengindera tubuh pada simulasi virtual ini. Pernyataan nomor 8 hingga 16 ditujukan untuk mengukur bagaimana kenyamanan responden dalam melakukan interaksi untuk menam-pilkan informasi dan pernyataan nomor 17 dan 18 kejelasan infor-masi tentang manusia purba yang didapat responden dalam simu-lasi virtual ini. Secara keseluruhan tujuan pertanyaan yang disusun pada kuesioner ini adalah untuk mengukur seberapa *immersive* pe-ngalaman pengguna saat menggunakan aplikasi simulasi ini [15]. Berikut ini adalah hasil dari pengujian kuesioner.

**Tabel 4.8:** Hasil Pengujian Kuesioner

No	Skala						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.00%	0.00%	7.41%	40.74%	18.52%	33.33%	0.00%
2	0.00%	3.70%	14.81%	22.22%	48.15%	7.41%	3.70%
3	0.00%	0.00%	14.81%	29.63%	25.93%	29.63%	0.00%
4	0.00%	0.00%	3.70%	14.81%	22.22%	55.56%	3.70%
5	0.00%	3.70%	3.70%	37.04%	25.93%	25.93%	3.70%
6	0.00%	3.70%	3.70%	14.81%	44.44%	33.33%	0.00%
7	0.00%	3.70%	11.11%	25.93%	29.63%	22.22%	7.41%
8	0.00%	11.11%	11.11%	14.81%	29.63%	33.33%	0.00%
9	0.00%	0.00%	3.70%	29.63%	22.22%	29.63%	14.81%
10	0.00%	0.00%	22.22%	33.33%	29.63%	14.81%	0.00%
11	0.00%	0.00%	0.00%	25.93%	51.85%	22.22%	0.00%
12	0.00%	18.52%	14.81%	37.04%	18.52%	3.70%	7.41%
13	0.00%	0.00%	25.93%	25.93%	25.93%	22.22%	0.00%
14	3.70%	14.81%	11.11%	14.81%	44.44%	11.11%	0.00%
15	22.22%	25.93%	22.22%	11.11%	7.41%	11.11%	0.00%
16	0.00%	0.00%	0.00%	29.63%	37.04%	33.33%	0.00%
17	0.00%	0.00%	3.70%	33.33%	33.33%	29.63%	0.00%
18	0.00%	7.41%	7.41%	37.04%	33.33%	14.81%	0.00%

Sebanyak 40.74% pengguna menyatakan bahwa mereka cukup banyak dapat mengendalikan kegiatan pada lingkungan virtual, dan

sebanyak 33% menyatakan bahwa mereka sudah lebih dari cukup dapat mengendalikan kegiatan pada lingkungan virtual. Terdapat 7.41% pengguna yang merasa mereka kurang cukup dapat mengendalikan kegiatan pada lingkungan virtual pada simulasi ini.

Sebanyak lebih dari 50% pengguna menyatakan bahwa lingkungan sudah lebih dari cukup responsif ketika diinisiasikan oleh aksi mereka, dan sebanyak 22% menyatakan cukup responsif. Terdapat sekitar 17% pengguna yang merasa bahwa lingkungan tidak cukup responsif saat diinisiasikan aksi oleh mereka.

Lebih dari 50% pengguna menyatakan bahwa interaksi mereka dengan lingkungan virtual pada simulasi sudah lebih dari cukup natural, dan sebanyak 29.63% menyatakan cukup natural. Terdapat sekitar 14.81% pengguna yang menyatakan bahwa interaksi mereka dengan lingkungan virtual kurang cukup natural.

Lebih dari 70% pengguna merasakan bahwa aspek visual pada lingkungan sudah lebih dari cukup melibatkan mereka dan sebanyak 14.81% pengguna menyatakan bahwa mereka cukup terlibat dalam aspek visual pada simulasi, dan sebanyak 3% pengguna merasa bahwa aspek visual pada lingkungan virtual kurang cukup melibatkan mereka.

Lebih dari 50% pengguna merasakan bahwa mekanisme kontrol pergerakan mereka melalui lingkungan virtual sudah lebih dari cukup natural, dan sebanyak 37% pengguna merasakan bahwa kontrol pergerakan mereka sudah cukup natural. Terdapat 6% pengguna yang merasa bahwa mekanisme kontrol pergerakan terasa kurang natural bagi mereka.

Lebih dari 70% pengguna menyatakan bahwa pengalaman mereka pada lingkungan virtual tampak lebih dari cukup konsisten dengan pengalaman di dunia nyata, dan sebanyak 14.81% merasa bahwa pengalaman mereka pada dunia virtual cukup konsisten dengan pengalaman mereka di dunia nyata. Terdapat 6% pengguna yang merasa bahwa pengalaman mereka pada dunia virtual kurang cukup konsisten dengan pengalaman mereka di dunia nyata.

Lebih dari 60% pengguna menyatakan bahwa pengalaman mereka pada lingkungan virtual lebih dari cukup dapat diantisipasi ketika mereka melakukan aksi, dan sebanyak 25% pengguna menyatakan bahwa pengalaman mereka dapat cukup diantisipasi ketika aksi dilakukan. Sebanyak 14% pengguna kurang dapat mengantisipasi

pasi apa yang akan terjadi ketika mereka melakukan aksi di dunia virtual.

Sebanyak 62% pengguna menyatakan bahwa mereka lebih dari cukup dapat melakukan survey pada lingkungan virtual menggunakan pengelihatan mereka, sedangkan 14% pengguna menyatakan bahwa mereka cukup dapat melakukan survey pada lingkungan virtual menggunakan pengelihatan. Sebanyak 22% pengguna menyatakan bahwa mereka kurang cukup dapat melakukan survey pada lingkungan virtual menggunakan pengelihatan mereka.

Lebih dari 60% pengguna merasa bahwa sensasi bergerak pada dunia virtual sudah lebih dari cukup menarik, sedangkan sebanyak 30% pengguna merasa sensai bergerak yang mereka rasakan pada dunia vertual cukup menarik. Terdapat 3.7% pengguna yang merasa sensai bergerak pada dunia virtual kurang cukup menarik.

Sekitar 43% pengguna merasa bahwa mereka dapat memeriksa objek lebih dari cukup dekat, 33% pengguna merasa bahwa mereka dapat memeriksa objek pada dunia virtual secara cukup dekat. Sebanyak 22% pengguna merasa bahwa mereka kurang cukup dapat memeriksa objek dengan dekat.

Lebih dari 70% pengguna merasa bahwa mereka lebih dari cukup terlibat ketika berada pada dunia virtual, sedangkan sebanyak 25% pengguna merasa bahwa mereka cukup terlibat saat berada di dunia virtual.

Sebanyak 32% oengguna merasakan minimnya delay diantara aksi dan respon dari objek pada dunia virtual pada simulasi, sebanyak 37% merasakan cukup adanya delay pada aksi dan respon yang didapat saat mereka melakukan simulasi. Dan sebanyak 30% pengguna merasa cukup banyak delay yang terjadi antara aksi dan respon dari interaksi dengan dunia virtual.

Lebih dari 47% pengguna merasa bahwa mereka lebih dari cukup mahir dalam bergerak dan berinteraksi dengan lingkungan virtual di akhir pengalaman, itu menandai adanya *learning curve* saat mereka melakukan simulasi ini. Sebanyuak 25% merasa cukup mahir, dan sebanyak 25% lainnya merasa kurang cukup mahir dalam melakukan interaksi dan eksplorasi di akhir simulasi.

Lebih dari 55% pengguna merasa bahwa kualitas visual mengganggu atau mengalihkan perhatian mereka dari melakukan tugas yang ditetapkan pada suatu adegan, namun sebanyak 30% penggu-



na tidak terlalu merasa terganggu atau teralihkan dengan kualitas visual saat sedang melakukan tugas tertentu pada simulasi.

Hampir 70% pengguna merasa perangkat kontrol tidak mengganggu kinerja tugas yang dilakukan saat melakukan simulasi, dan sebanyak 18% pengguna merasa cukup terganggu dengan perangkat kontrol saat sedang melakukan interaksi dengan manusia purba di simulasi virtual.

Sebanyak 70% pengguna merasa bahwa mereka lebih dari cukup dapat berkonsentrasi pada tugas yang diberikan saat melakukan interaksi pada dunia virtual dan sebanyak 30% sisanya merasa cukup dapat berkonsentrasi dengan tugas tertentu yang harus dilakukan pada saat melakukan interaksi.

Lebih dari 60% pengguna merasa bahwa lingkungan manusia purba pada simulasi sudah lebih dari cukup dekat dengan lingkungan pada diorama di museum, dan sebanyak 30% pengguna merasa bahwa lingkungan purba cukup mirip dengan diorama pada museum Sangiran.

Sebanyak 47% pengguna merasa lebih dari cukup lebih tahu tentang Homo Erectus daripada sebelum melakukan simulasi, sebanyak 37% merasa cukup tahu, dan 14% pengguna merasa kurang cukup tahu tentang manusia purba Homo Erectus dibandingkan ketika sebelum melakukan simulasi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# BAB 5

## PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian interaksi dengan pengindera tangan pada simulasi virtual manusia purba, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian performa, didapatkan bahwa simulasi interaktif memiliki *frame rate* ideal lebih dari 60 fps.
2. Pada pengujian tubuh, didapat bahwa rata-rata orang awam dapat melakukan hampir seluruh gestur dengan nilai keefektifan diatas 60%. Akan tetapi gestur *Wave* memiliki tingkat keefektifan dibawah 60% pada hasil pengujian tersebut. Hal ini diduga karena gestur melambatkan tangan merupakan gestur yang dilakukan secara alami orang setiap pengguna.
3. Pada pengujian kuesioner, tingkat *presence* atau *immersion* yang dirasakan oleh pengguna saat menggunakan aplikasi ini sudah lebih dari cukup, karena rata-rata pengguna mengalami pengalaman positif pada tingkat realisme dan hasil perhitungan nilai kuesioner lebih dari 5.0, posibilitas untuk melakukan aksi, posibilitas untuk eksplorasi, dan mereka dapat mengevaluasi performa mereka seiring berjalannya permainan. Hasil yang didapat sesuai dengan tujuan yang dicantumkan.
4. Lebih dari 60% pengguna merasa bahwa lingkungan manusia purba pada simulasi sudah lebih dari cukup dekat dengan lingkungan pada diorama di museum, dan sebanyak 30% pengguna merasa bahwa lingkungan purba cukup mirip dengan diorama pada museum Sangiran. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lingkungan virtual sudah cukup mirip dengan lingkungan diorama aslinya.
5. Sebanyak 47% pengguna merasa lebih dari cukup lebih tahu tentang Homo Erectus daripada sebelum melakukan simulasi, sebanyak 37% merasa cukup tahu, dan 14% pengguna merasa kurang cukup tahu tentang manusia purba Homo Erectus

dibandingkan ketika sebelum melakukan simulasi. Dapat disimpulkan bahwa simulasi ini dapat memberi pengetahuan dasar tentang Homo Erectus pada pengguna awam cukup sesuai dengan tujuan yang dicantumkan.

## 5.2 Saran

Demi pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian ini, disarankan beberapa langkah lanjutan sebagai berikut:

1. Penggunaan *server* yang memiliki *processor* minimal Intel(R) i7-4630 @ 2.40 GHz, dan menggunakan GPU Nvidia GTX 1080 dengan RAM 16 GB guna mendapatkan fps yang stabil sehingga pengguna tidak merasa pusing.
2. Penyusunan *environment* simulasi virtual agar mendapatkan kestabilan fps.
3. Penambahan panel informasi pada simulasi tentang Homo Erectus.
4. Penggunaan Kinect V2 atau alat pendeteksi tubuh yang lebih stabil.
5. Penambahan interaksi lain yang dilakukan Homo Erectus.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Y. Banowosari, Journal Pembuatan Museum Virtual Budaya dan Sejarah. 2014. (Dikutip pada halaman 1, 6).
- [2] “What is virtual reality?.” (Dikutip pada halaman 5).
- [3] K. G. D. Herlangga, “Virtual reality dan perkembangannya,” Mar 2016. (Dikutip pada halaman 5).
- [4] S. C. AntN, “Natural history of homo erectus,” American Journal of Physical Anthropology, vol. 122, no. S37, p. 126170, 2003. (Dikutip pada halaman 7).
- [5] I. G. A. Dharmayasa, S. Sumpeno, I. K. E. Purnama, and A. G. Sooi, “Exploration of prayer tools in 3d virtual museum using leap motion for hand motion sensor,” 2017 TRON Symposium (TRONSHOW), 2017. (Dikutip pada halaman ix, 15).
- [6] S. C. AntN, “Natural history of homo erectus,” American Journal of Physical Anthropology, vol. 122, no. S37, p. 126170, 2003. (Dikutip pada halaman ix, 7, 8, 9).
- [7] J. Webb and J. Ashley, “Beginning kinect programming with the microsoft kinect sdk,” 2012. (Dikutip pada halaman 9, 10, 11, 13).
- [8] D. P. Loehr, “Temporal, structural, and pragmatic synchrony between intonation and gesture,” Laboratory Phonology, vol. 3, no. 1, 2012. (Dikutip pada halaman 10).
- [9] J. Shotton, A. Fitzgibbon, M. Cook, T. Sharp, M. Finocchio, R. Moore, A. Kipman, and A. Blake, “Real-time human pose recognition in parts from single depth images,” Cvpr 2011, 2011. (Dikutip pada halaman ix, 10, 11).
- [10] Z. Zhang, “Microsoft kinect sensor and its effect,” IEEE Multimedia, vol. 19, no. 2, p. 410, 2012. (Dikutip pada halaman ix, 12, 13).
- [11] “Basic theory of physically-based rendering,” Jan 2018. (Dikutip pada halaman 14).

- [12] “Stereoscopy,” Jun 2018. (Dikutip pada halaman 14).
- [13] S. Reeve and J. Flock, “Basic principles of stereoscopic 3d,” 2010. (Dikutip pada halaman ix, 16, 17).
- [14] Wikipedia, “Passive-3d-tv-technology.”. (Dikutip pada halaman ix, 17).
- [15] B. G. Witmer and M. F. Singer, “Measuring presence in virtual environments,” Jan 1994. (Dikutip pada halaman 47, 48).
- [16] H. Al-Kilidar, K. Cox, and B. Kitchenham, “The use and usefulness of the iso/iec 9126 quality standard,” Empirical Software Engineering, 2005. International Symposium on, pp. 7(pp, IEEE), 2005. (Dikutip pada halaman 41).
- [17] D. Iskandar, S. Surya, and Christyowidiasmoro, “Pengenalan isyarat tangan menggunakan leap motion controller untuk pertunjukan boneka tangan virtual,” Journal Teknik ITS, 2010. (Dikutip pada halaman 39).



# LAMPIRAN

## I. Interaksi Simulasi Virtual



(a) Interaksi merunduk pada mausia purba



(b) Interaksi melambai pada manusia purba.



(c) Interaksi mengambil batu dari manusia purba.



(d) Interaksi memahat batu dengan manusia purba.

**Gambar 1:** Adegan Pertama



(a) Interaksi mengambil tombak dari manusia purba.



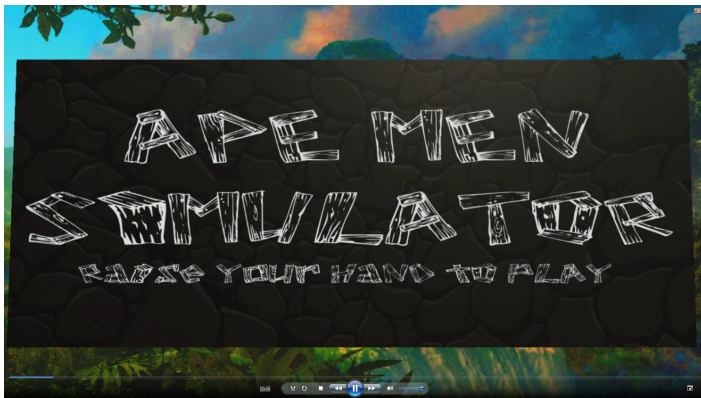
(b) Interaksi berburu dengan manusia purba.

**Gambar 2:** Adegan Kedua



(a) Interaksi menyalakan api dengan manusia purba.

**Gambar 3:** Adegan Ketiga



(a) Tampilan Main Menu.

**Gambar 4:** Main Menu

## II. Hasil pengujian Completion Time

**Tabel 1:** Hasil Pengujian Completion Time

Peserta No	Completion Time (s)
1	203
2	235
3	175
4	200
5	183
6	144
7	196
8	196
9	181
10	222
11	212
12	146
13	173
14	167
15	209
16	163
17	236
18	201
19	183
20	234
21	142
22	131
23	132
24	133
25	200
26	202
27	183
28	195
29	198
30	200

Tabel 2: Hasil Pengujian Kuesioner Detail

No	Skala jawaban Pertanyaan ke-																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	4	3	3	4	2	4	2	3	5	3	4	5	3	4	5	4	4	4
2	4	3	4	6	6	4	5	6	7	5	6	5	3	3	3	5	6	4
3	3	4	3	6	4	4	5	6	5	5	4	3	3	4	3	5	4	3
4	6	7	4	4	5	6	3	5	6	4	5	4	5	2	3	4	4	2
5	5	5	4	6	4	5	4	5	5	4	5	2	3	4	1	5	4	4
6	5	3	3	6	4	5	3	4	6	4	5	2	4	5	2	4	4	5
7	4	4	5	5	5	6	5	3	4	4	4	4	5	5	3	5	4	5
8	4	4	5	5	4	5	4	6	6	5	5	4	5	5	4	6	5	6
9	5	5	4	5	5	5	6	4	4	3	4	5	5	6	5	5	4	3
10	3	2	4	4	4	2	4	5	3	6	5	7	3	4	4	4	5	4
11	6	6	6	7	6	6	6	5	7	5	6	3	6	5	3	6	6	4
12	4	5	4	6	5	6	6	6	6	4	5	2	4	2	2	6	6	4
13	4	5	5	6	5	5	4	3	5	4	4	2	3	2	3	6	6	6
14	5	4	6	6	6	6	4	6	6	4	4	4	5	5	2	4	5	5
15	4	3	6	5	7	6	7	4	5	5	5	7	6	5	1	6	4	4
16	6	5	5	6	5	6	4	5	6	5	5	3	6	1	2	5	6	4
17	6	6	5	5	6	5	7	6	7	6	6	5	6	5	4	6	6	6
18	6	5	5	6	4	6	6	6	7	4	6	6	6	5	6	6	6	4
19	4	5	6	6	4	4	3	5	4	5	6	4	4	6	6	6	6	6
20	4	5	6	6	6	5	5	2	4	3	5	4	4	5	1	5	5	5
21	4	5	6	6	6	5	5	2	4	3	5	4	4	5	1	5	5	5
22	5	4	4	4	4	5	5	4	5	4	4	3	5	3	2	4	4	4
23	6	5	4	5	4	5	4	6	6	6	6	5	5	5	6	6	5	5
24	6	5	6	6	4	5	6	5	4	6	5	4	4	6	2	4	3	2
25	6	4	3	3	3	3	5	5	6	5	5	4	6	3	1	5	5	5
26	4	5	6	6	6	5	5	2	4	3	5	4	4	5	1	5	5	5
27	6	5	5	6	5	6	6	6	4	3	5	2	3	2	2	4	5	5
28	6	5	6	6	4	5	6	5	4	6	5	4	4	6	2	4	3	2
29	6	5	5	6	5	6	4	5	6	5	5	3	6	1	2	5	6	4
30	4	5	6	6	4	4	3	5	4	5	6	4	4	6	6	6	6	6

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIOGRAFI PENULIS



Ahmad Nagi, lahir pada 11 April 1996 di Bandung, Jawa Barat. Penulis menempuh pendidikan S1 Departemen Teknik Komputer bidang studi *Game Technology* Fakultas Teknologi Elektro ITS. Selama masa perkuliahan, penulis menjadi anggota aktif Lab-B201crew. Penulis pada tahun 2016 penulis bertugas sebagai Koordinator Acara Divisi *Apps* pada acara MAGE yang diselenggarakan oleh Departemen Teknik Komputer ITS dan pada tahun 2017 penulis menjadi Koordinator dari Panitia Sekretariat pada acara Global Game Jam Surabaya 2017. Penulis juga aktif dalam mengikuti perlombaan selama masa perkuliahannya, salah satunya penulis menjadi *Runner-Up* Samsung Indonesia Next App 4.0 pada tahun 2017 bersama dengan timnya. Penulis menghabiskan banyak waktu untuk mendalami *Game Design*, *3D Modelling*, dan *Project Management*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*